

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудування  
(повне найменування інституту, факультету)  
Автомат. машини та ПТМ  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

МАГІСТР  
(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження функціональних особливостей  
козлового крана Q-2х63Т

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-314м

Спеціальності 133 Галузь: Машинобудування  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Підйомно-транспортні машини та мех.  
Ланін Р.Є.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Фролов Р.О.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Сидоренко М.В.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний  
 Кафедра Агегалі машин та ПТМ  
 Ступінь вищої освіти магістр  
 Спеціальність 133 Тапузеве машинобудування  
(код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні машини та механізми  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Ланіи Роман Євгенович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Агоспідженням функціональних особливостей козлового крана Q=2x63т

керівник проєкту (роботи) Фролов Р. О. кан. тех. наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 30 » травня 2025 року № 488

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12.12.2025

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Спеціальний козловий кран  
вантажопідйомністю Q=2x63т

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Особливості конструкції козових кранів для ГЕС

2. Опис базової машини

3. Розрахунок механізмів крану

4. Еквівалентне об'єднання для дипломного проєктування

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Загальний вид козового крану формат A1

2. Візок вантажний формат A2x3

3. Балансир холостий формат A2

4. Механізм підйому формат A1

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                           |
|--------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------|
|        |                                           | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| 1      | Фролов Р.О                                | 03.11.2025     |                           |
| 2      | Фролов Р.О                                | 10.11.2025     |                           |
| 3      | Фролов Р.О                                | 17.11.2025     |                           |
| 4      | Фролов Р.О                                | 24.12.2025     |                           |
|        |                                           |                |                           |
|        |                                           |                |                           |
|        |                                           |                |                           |

7. Дата видачі завдання « 30 » листопада 2025 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)           | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Особливості конструкції козлових кранів з двох ГЕС | 7.11.25                                 |          |
| 2     | Опис базової машини                                | 14.11.25                                |          |
| 3     | Розрахунок механізмів крану                        | 21.11.25                                |          |
| 4     | Економічне обґрунтування дипл. проєкту             | 25.12.25                                |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |
|       |                                                    |                                         |          |

Студент

  
(підпис)

Роман ЛАНІН.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Роман ФРОЛОВ  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ:

ПЗ: 114 , 19 рис., 5 табл., 11 джерел.

Об'єкт досліджень: кран спеціальний козловий, вантажопідйомністю  $Q=2 \times 63$  т, який встановлений на будівельно-експлуатаційному водоскиді Сангтудінської ГЕС-1 на річці Вахш у республіці Таджикистан. Кран призначений для маневрування за допомогою траверз ремонтними, аварійно-ремонтними та головними затворами, проведення монтажних та демонтажних робіт механічного обладнання, а також для переміщення вантажів під час обслуговування цього механічного обладнання.

Мета роботи: модернізувати козловий спеціальний кран  $Q=2 \times 63$  т, за отриманими даними спроектувати новий поліпшений механізм підйому, виконати усі необхідні розрахунки та креслення. Надати економічне обґрунтування модернізації, а також всі необхідні вимоги до охорони праці й техніки безпеки.

У результаті проведеного проектування розроблений кран може бути використаний для виконання заданого виду робіт з підйому й переміщення вантажів.

За базовий кран для розробки цього проекту був взятий кран розроблений на СПКТБ «Запоріжгідросталь».

КОЗЛОВИЙ КРАН, ВІЗОК, МЕХАНІЗМ ПІДЙОМУ, МЕХАНІЗМ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНА, МЕХАНІЗМ ПЕРЕСУВАННЯ ВІЗКА, ТРАВЕРСА, ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ, РЕЖИМ РОБОТИ, РЕДУКТОР, ЕЛЕКТРОДВИГУН, ГАЛЬМО, КАНАТ, МЕХАНІЗМ, ВИПРОБУВАННЯ, ПОЛІСПАСТ, ПІДВІСКА, ПІДШИПНИК.

## ЗМІСТ

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Завдання на проект.....                                                                   | 2   |
| Реферат.....                                                                              | 4   |
| Зміст.....                                                                                | 5   |
| Вступ.....                                                                                | 7   |
| 1 Особливості конструкцій козлових кранів для ГЕС.....                                    | 10  |
| 2 Опис базової машини.....                                                                | 20  |
| 2.1.Призначення та умови експлуатації крану.....                                          | 20  |
| 2.2 Основні дані.....                                                                     | 20  |
| 2.3 Опис конструкції.....                                                                 | 22  |
| 2.4 Недоліки базової конструкції.....                                                     | 25  |
| 2.5 Завдання й шляхи модернізації.....                                                    | 25  |
| 3 Розрахунок механізмів крану.....                                                        | 27  |
| 3.1 Розрахунок механізму підйому вантажу.....                                             | 27  |
| 3.2 Розрахунок механізму пересування візка.....                                           | 45  |
| 3.3 Розрахунок механізму пересування крану.....                                           | 58  |
| 4 Економічне обґрунтування дипломного проектування.....                                   | 74  |
| 5 Охорона праці.....                                                                      | 82  |
| 5.1 Аналіз потенційних небезпек.....                                                      | 82  |
| 5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....                                                   | 83  |
| 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....                     | 88  |
| 5.4 Заходи з пожежної безпеки.....                                                        | 93  |
| 5.5 Заходи з цивільної оборони.....                                                       | 95  |
| 5.6 Висновки з розділу „Охорона праці” та підрозділу<br>„Заходи з цивільної оборони”..... | 97  |
| 6 Порядок роботи траверси.....                                                            | 98  |
| 7 Технічне обслуговування.....                                                            | 100 |
| 7.1 Щомісячне технічне обслуговування.....                                                | 100 |
| 7.2 Зміст робіт, виконуваних при проведенні ТО1.....                                      | 101 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3 Зміст робіт, виконуваних при проведенні ТО2.....                                     | 103 |
| 7.4 Зміст робіт, виконуваних при проведенні сезонного<br>технічного обслуговування.....  | 103 |
| 7.5 Додаткові вказівки й способи проведення робіт при<br>технічному обслуговуванні. .... | 104 |
| 7.6 Догляд за канатами і їхнім запасуванням.....                                         | 107 |
| 7.7 Норми гранично припустимого зношування й відхилень.....                              | 107 |
| 8 Монтаж крану.....                                                                      | 110 |
| Висновки.....                                                                            | 111 |
| Перелік посилань.....                                                                    | 113 |

## ВСТУП

Вантажопідйомні машини є одним з найважливіших засобів механізації виробничих процесів всіх галузей. Наявність великої кількості конструктивних типів вантажопідйомних машин викликано як різноманіттям видів і властивостей переміщуваних вантажів, так і різноманіттям способів їхніх переміщень. Від раціонального вибору типу вантажопідйомних машин, правильного визначення основних параметрів і добре організованої експлуатації цих машин значною мірою залежить стабільність виробничого процесу й продуктивність підприємства.

Козлові крани є одним з основних видів засобів механізації перевантажувальних і складських робіт.

По призначенню козлові крани розділяють на три основні групи: загального призначення, будівельно-монтажні й спеціальні призначення.

Простота керування й обслуговування, відносно низька вартість виготовлення й експлуатації обумовили все зростаюче застосування козлових кранів.

Козлові крани призначені для виконання операцій, пов'язаних з монтажем і експлуатацією гідроелектростанцій, складських площадок, контейнерних терміналів. Специфічні умови експлуатації цих кранів обумовлюють різноманітність їхніх конструкцій.

Як вантажозахватний орган служать: гаки, грейфери, електромагніти, спредери, захвати й інші спеціальні пристрої.

Кабіна керування розташовується на опорі крана в місці, що забезпечує найкращий огляд і безпеку роботи крановика, а при необхідності - на візку, або має можливість автономно переміщатися уздовж прольоту крана

Кранами зі швидкістю пересування до 1 м/с можна управляти з підлоги. Застосовують дистанційне керування, особливо при наявності трьох механізмів. При рідкому використанні й малій вантажопідйомності застосовують крани з

ручним приводом. На мосту крана можуть розташовуватися два вантажні візки на одному або двох шляхах. У випадку обмеження габариту крана по висоті вантажний візок переміщається усередині моста. Для подачі за межі прольоту крана застосовують візки з поворотною стрілою або консольною фермою.

Механізми пересування вантажних візків виконують із роздільним приводом (з кожної сторони моста) при великій колії візка. При більших потужностях привода в кранах відповідального призначення передбачають на кожному балансірі установку механізму пересування крана.

Ходові колеса кранів виконують двохрановими або безрановими з горизонтальними напрямлюючими роликками. У чотирьохколових механізмах приводними є два колеса. Ходові колеса вантажних візків виконують дво- і однорановими.

Козлові крани широко застосовують для обслуговування енергетичних об'єктів. При спорудженні теплових електростанцій козовими кранами монтують основне теплосилове обладнання – котли та турбіни при їх відкритій установці, будівельні конструкції і механічне обладнання допоміжних цехів ГЕС, ГАЕС, ТЕЦ та гідро споруджень. Зливні греблі, затвори і головні будівлі гідроелектростанцій також обслуговують за допомогою потужних козових кранів. В зв'язку з розвитком методів блочного, поточного і швидкісного будівництва крупних промислових енергетичних комплексів козові крани повсюдно використовують при обслуговуванні складів і площадок укрупненого збирання. Постійна вантажопідйомність в будь-якій точці обслуговування, простота конструкції, висока надійність в експлуатації і порівняно невелика вартість роблять козові крани незамінними.

Козловий кран який досліджується в даному проекті має , вантажопідйомність  $Q=2 \times 63$  т, який встановлений на будівельно-експлуатаційному водоскиді Сангтудінської ГЕС-1 на річці Вахш у республіці Таджикистан. Кран призначений для маневрування за допомогою траверз ремонтними, аварійно-ремонтними та головними затворами, проведення

монтажних та демонтажних робіт механічного обладнання, а також для переміщення вантажів під час обслуговування цього механічного обладнання.

## 1. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ КОЗЛОВИХ КРАНІВ ДЛЯ ГЕС

Гідроелектростанції будують в різних географічних і кліматичних районах, в різних геологічних і гідротехнічних умовах. Ці обставини, а також різна потужність ГЕС, зумовлюють характер всього комплексу і, багато в чому, індивідуальний характер вживаного тут підйомно-транспортного устаткування.

Експлуатація ГЕС пов'язана з маневруванням затворами і сміттестримними затворами дамб, витяганням зваженого сміття, що потонуло, підйомно-транспортними операціями при ремонті гідроагрегатів і ін. Все це вимагає застосування відповідних підйомно-транспортних засобів. Маневрувати затворами можна за допомогою козових кранів і стаціонарних підйомних пристроїв. Виконання решти операцій вимагає застосування спеціальних кранів. Операції із затворами і ґратами дамб в більшості випадків вигідніше виконувати козовими кранами, оскільки їх вартість менше сумарної вартості стаціонарних гідропідйомників.

Козлові крани є основною частиною підйомно-транспортного устаткування ГЕС. Вони складають невід'ємний елемент загальної компоновки і архітектурного ансамблю ГЕС. Від надійності і, в першу чергу, безвідмовності козових кранів певною мірою залежить режим і ефективність роботи всієї станції.

Козлови крани ГЕС працюють на відкритому повітрі, піддававшись дії температури, атмосферних опадів і сонячних променів. Низькі температури впливають на працездатність елементів металоконструкції, пневматичних і гідравлічних систем.

Вантажопідйомність проліт і робочі швидкості козових кранів визначаються типом ГЕС і її загальною схемою.

Кранами для обслуговування дамб виконують найбільше число різноманітних операцій. Головним з цих операцій є маневрування затворами (під'їм, опускання, установка в пази і ін.); обслуговування сміттестримних ґрат; витягання зваженого сміття, що потонуло, і вантаження його в переносні

контейнери або безпосередньо на залізничні платформи; проводка плаваючого на поверхні води сміття до кінцевих частин сміттєстримної споруди; транспортування затворів і ґрат на ремонтний майданчик і назад; підйомно-транспортні операції з високовольтними операціями і ін.

Ця група козлових кранів найбільш багатообразна. Частина кранів для обслуговування дамб ГЕС не має допоміжних стріловидних кранів і пристроїв для операції по прибиранню сміття і виконує тільки операції із затворами і сміттєстримними ґратами. Інша частина козлових кранів обладналася допоміжними стріловидними кранами грейферів або монтажних. Нарешті, третя частина кранів обладналася пристосуваннями (плоскими грейферами), що навішуються на головний підйом, за допомогою яких забирається сміття, що скоплюється перед сміттєстримними ґратами.

Технічні характеристики і конструктивне оформлення монтажних кранів в значній мірі визначаються особливостями компоновки та ваговими показниками того обладнання, для монтажу якого вони призначені.

Козлові крани ГЕС в залежності від призначення та місця установки можуть бути розділені на дві групи: крани для обслуговування водозливних гребель і крани для обслуговування головних будівель ГЕС.

Також мають свою специфіку агрегатні крани, призначені для монтажу генераторів і обладнання машинних залів ГЕС. Ці крани відрізняються доволі великою вантажопідйомністю і розміщені на залізобетонній естакаді. Крупні вузли турбін і генераторів подають при монтажі через отвори в стелі машинного залу. Отвори перекривають з'ємними кришками.

Одиничне виконання, велика вантажопідйомність, значна власна маса і габарити ставлять козлові крани ГЕС в розділ унікальних машин. Вантажопідйомність цих кранів частіше всього коливається від 100 до 500 тон, при цьому на головному візку часто монтується два головних і декілька допоміжних підйомів. Для ремонтних і допоміжних робіт встановлюються електроталі.

Крани ГЕС мають багато колісні механізми пересування з дворебортними ходовими колесами, половина з яких приводні. Навантаження на колеса окремих кранів досягає 90-120т., тому діаметри коліс 800-1000мм не являються рідкістю і в якості підкранових використовуються рейки типу КР120 і КР140.

Всі козлові крани піддаються впливу значних вітрових навантажень. Тому вони обладнуються протиугінними захватами, діючими автоматично та напівавтоматично.

Порівняно невеликі прольоти при значних базах крана, зумовлених великими розмірами платформ головних візків( що, в свою чергу, пояснюється складністю механізмів підйому та наявності барабанів підвищеної канатоємності), зумовили специфіку проектування сталених конструкцій кранів ГЕС і придали їм своєрідний вид.

Розглядаючи різноманітні варіанти захисту механізмів крану від впливу атмосферних опадів, найбільш раціональними слід визнати рішення, де загальний кузов над краном замінюється порівняно легкими кабінами, перекриваючими тільки вантажні візки. Використання таких кранів на ГЕС підтверджує їх експлуатаційну надійність, а архітектурне оформлення представляється більш логічним.

Кранами для обслуговування дамб виконують найбільше число різноманітних операцій. Головними з цих операцій є: маневрування затворами (підйом, опускання, установка в пази в ін.); обслуговування сміттєстримних ґрат;

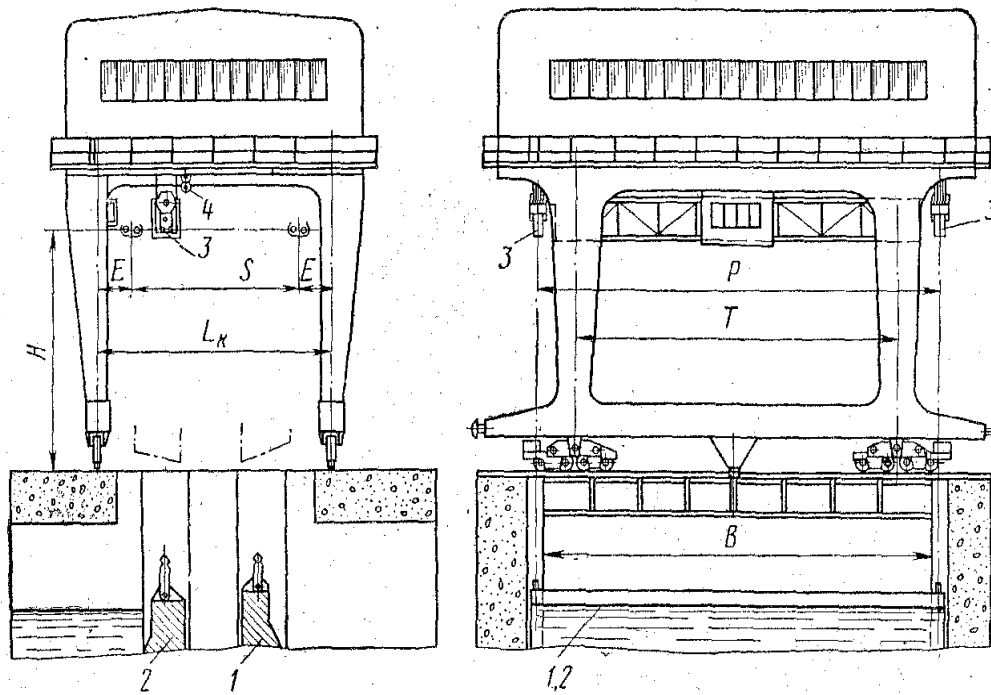


Рис. 1.1. – Схема козлового крана для дамби ГЕС:

1 і 2 — робочий і ремонтні затвори; 3 — підвіска головного підйому;

4 — підвіска допоміжного підйому.

витягання зваженого сміття, що потонуло, і вантаження його в переносні контейнери або безпосередньо на залізничні платформи; проводка плаваючого на поверхні води сміття до кінцевих частин сміттестримної споруди; транспортування затворів і ґрат на ремонтний майданчик і назад; підйомно-транспортні операції з високовольтними трансформаторами і ін.

Ця група козлових кранів найбільш багатообразна. Частина кранів для обслуговування дамб ГЕС не має допоміжних стріловидних кранів і пристроїв для операцій по прибиранню сміття і виконує тільки операції із затворами і сміттестримними ґратами. Інша частина козлових кранів обладналася допоміжними стріловидними кранами ґрейферів і монтажних. Нарешті, третя частина кранів обладналася пристосуваннями (плоскими ґрейферами), що навішуються на головний підйом, за допомогою яких забирається сміття, що скупчується перед сміттестримними ґратами.

Козлові крани, що проводять операції тільки із затворами, можуть використовуватися як на дамбі ГЕС, так і у багатьох випадках на водозливній дамбі, тому їх розділення по місцю використання певною мірою умовно. На ГЕС, суміщених з водоскидами, одні і ті ж козлові крани виконують операції із затворами водозливу, затворами перед турбінами і сміттєстримними ґратами.

Схема козлового крана для обслуговування дамб, за даними Гідропроекту, показана на рис. 1.1.

Козлові крани на водозливній дамбі (рис. 1.2.) виконують операції по підйому і опусканню робочих 3 і аварійно-ремонтних 4 затворів, що необхідне для пропуску паводкових вод, регулювання рівня води у водосховищі і ін.

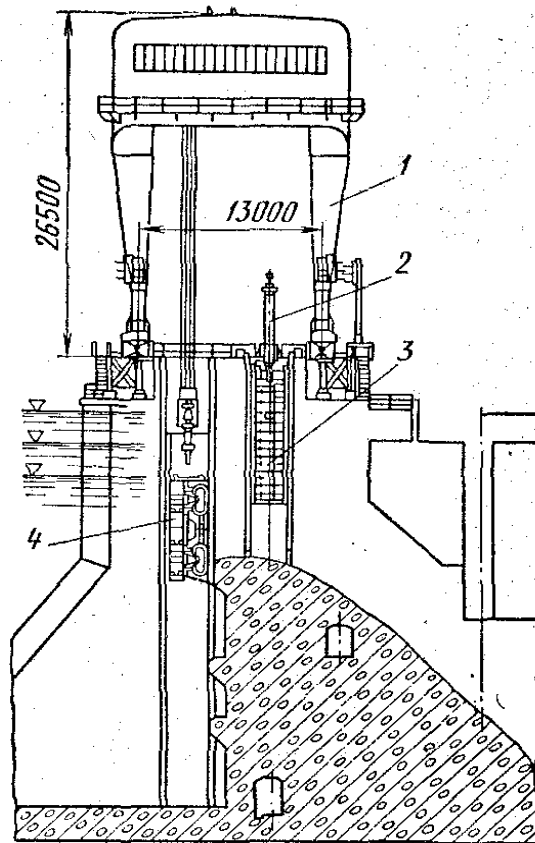


Рис. 1.2. – Схема установки козлового крана на водозливній дамбі ГЕС:

1 – козловою кран; 2 – штанга робочого затвора; 3 – робочий затвор; 4 – аварійно-ремонтний затвор.

На рис. 1.3. приведена схема козлового крана малої потужності, вантажопідйомністю 2х62,5/20 т для обслуговування водозливної дамби Каунаської ГЕС. Кран виготовлений заводом Сибтяжмаш, має механізми вантажного візка 2, укриті кузовом 6. Траверсу 3 дозволяє захоплювати затвори з відстанями між точками підвісу (ВТП) в 19,5 і 20,7 м. Підвіска крюка допоміжного підйому може опускатися нижче за відмітку підкранової рейки на 33 м, що необхідне для ремонту заставних частин дамби.

Механізми крана працюють на постійному струмі, для отримання якого на крані встановлений перетворювач 9.

Кожну підвіску піднімають окремими широко рознесеними лебідками. Для синхронізації роботи лебідки зв'язані між собою синхронізуючим валом (див. рис. 1.6).

При невеликих глибинах опускання затворів і надійній системі електричної синхронізації і блокування механічний зв'язок між лебідками може бути відсутнім, в результаті виходить кран з двома візками. Схема такого крана застосована заводом Сибтяжмаш на одній з своїх моделей козлових кранів (рис. 1.4).

Конструкція козлового крана заводу ім. Э. Тельмана (Німеччина), показана на рис. 1.5, є типовою для кранів, обслуговуючих затвори водозливних дамб. Відстань між лебідками головного підйому 20,8 м. Синхронізація роботи лебідок досягається механічним зв'язком лебідок за допомогою синхронізуючого валу.

Затвори захоплюють за допомогою пристроїв 9 з ручним приводом. Робочі, що оперують цими пристроями, знаходяться на підйомному майданчику 4. Лебідка підйому клину 6 протиугінного пристрою 1 розташовується не на нижньому ригелі порталу, як це робиться у більшості кранів, а на пролітній частині порталу.

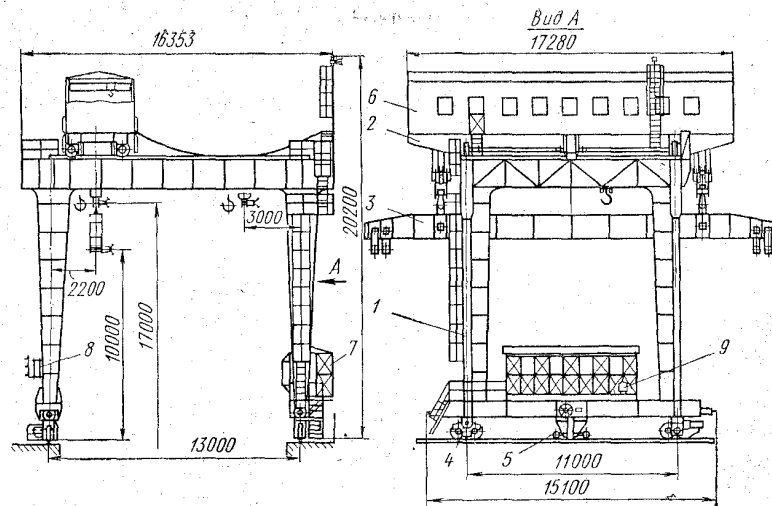


Рисунок 1.3. – Козловий кран для затворів водозливної дамби вантажопідйомністю  $2 \times 62,5/20$  т конструкції заводу Сибтяжмаш:

1 — портал; 2 — вантажний візок; 3 — траверсу; 4 — механізм пересування крана; 5 — протиугінні захоплення; 6 — кузов; 7 — кабіна управління; 8 — кронштейни струмоприймача; 9 — перетворювач.

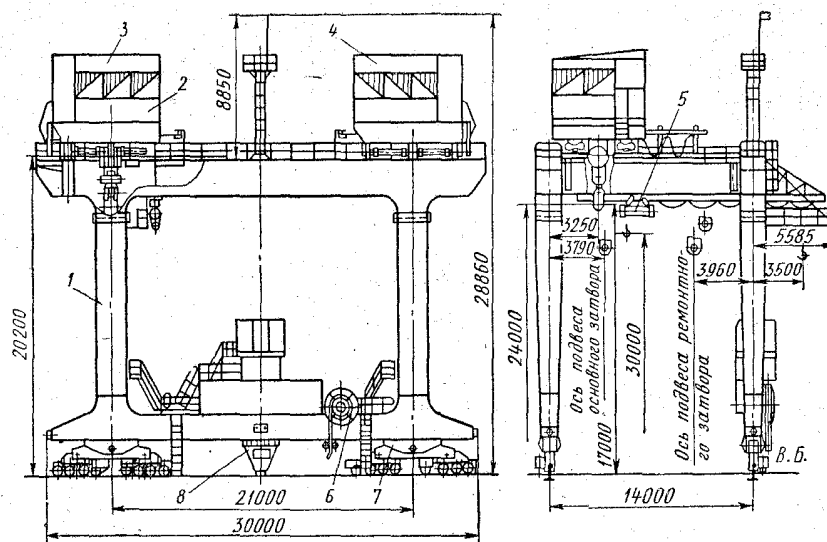


Рисунок 1.4. – Козловий кран вантажопідйомністю  $2 \times 280 + 10$  т з двома візками конструкції заводу Сибтяжмаш:

1 — портал; 2 — головний візок вантажопідйомністю 280 т; 3—4 — кузов під візками; 5 — однорельсовий візок вантажопідйомністю 10 т; 6 — кабельний барабан; 7 — механізм пересування крана; 8 — протиугінний пристрій.

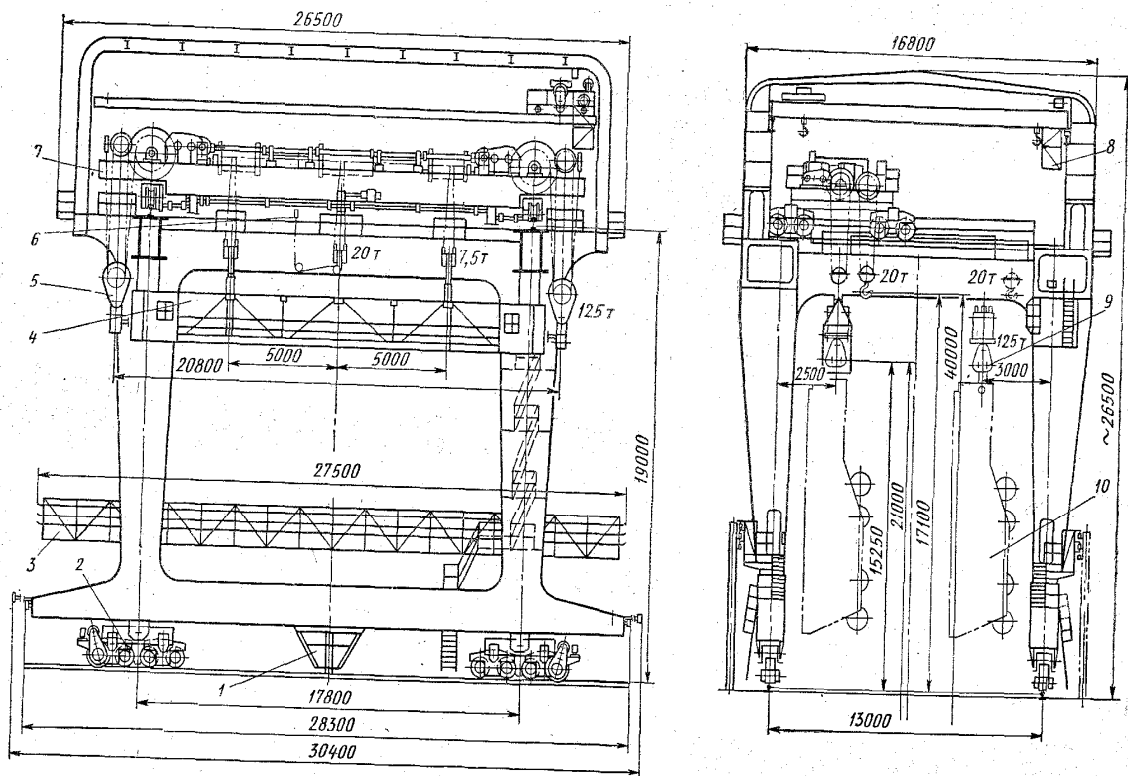


Рисунок 1.5. – Козловою кран вантажопідйомністю 2х125/2х7,5/20 т заводу імені Э. Тельмана (Німеччина):

1 –протиугінний пристрій; 2 – ходовий балансирний агрегат; 3 – лижний струмоз’ємник; 4 – підйомний майданчик; 5 – під’їм 125 т; 6 – механізм підйому клину; 7 – вантажний візок; 8 – ремонтний кран; 9 – захватний пристрій 125 т; 10 – затвор.

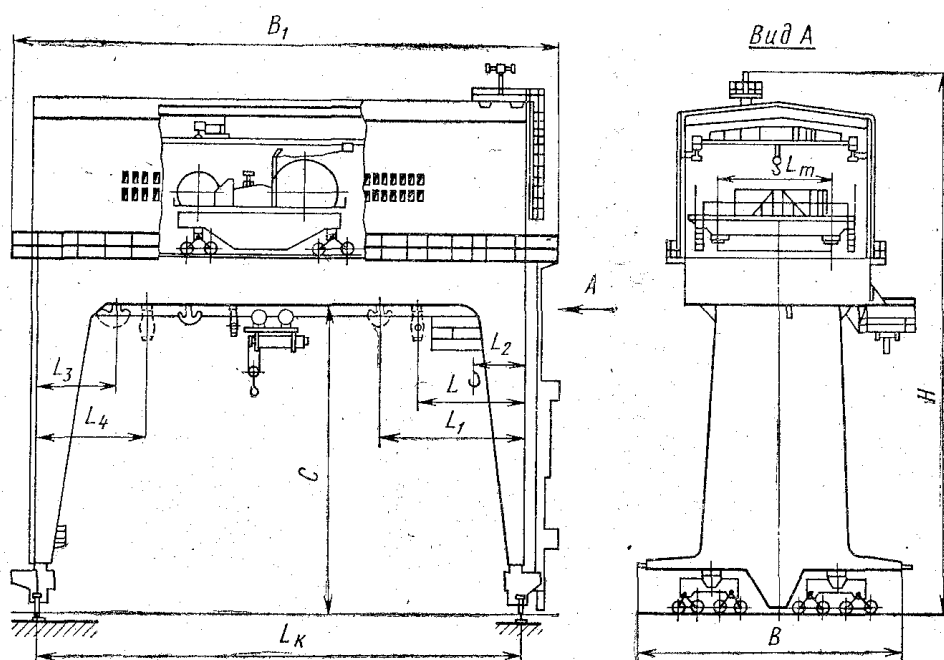


Рисунок 1.6 – Габаритна схема козлового крана для ГЕС.

Типова конструкція кранів для обслуговування дамб ГЕС без допоміжних консольних кранів показана на рис. 1.7. Безконсольний портал 2 має ґратчасту конструкцію опор. Затвор 4 піднімається за допомогою захватної балки 3. Механізми вантажного візка 1 укріплені кузовом.

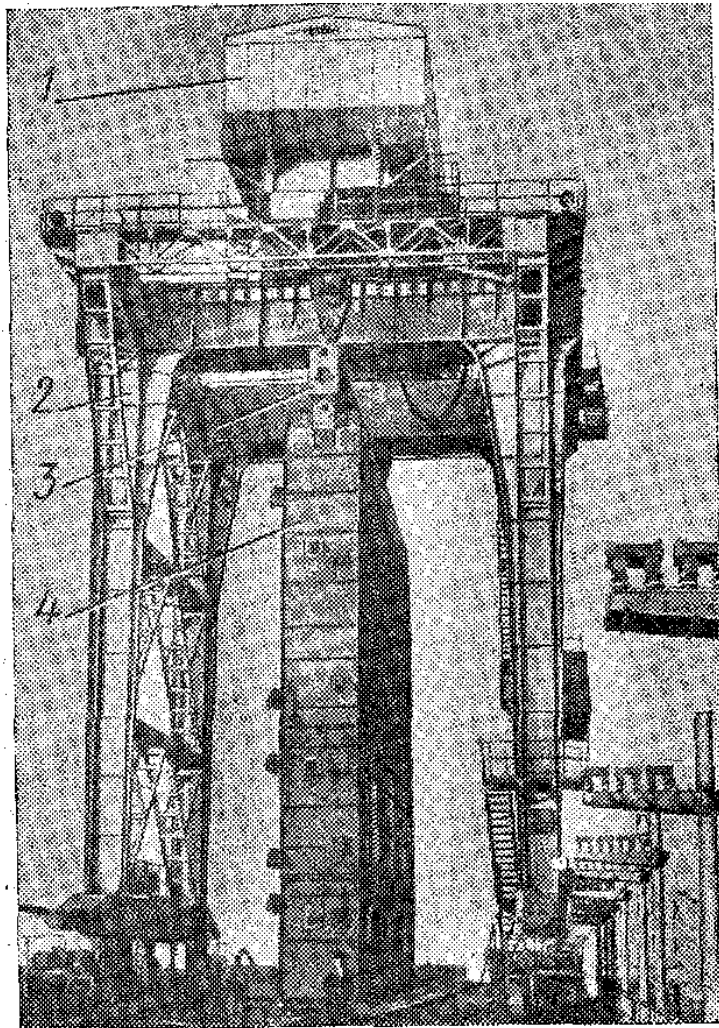


Рисунок 1.7. – Козловий кран вантажопідйомністю 2х150/30 т з піднятим ремонтним затвором.

## 1. ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ:

### 2.1. Призначення та умови експлуатації крану:

Кран козлової спеціальний Q=2х63 т призначено для маневрування з допомогою траверс ремонтними, аварійно-ремонтними і основними затворами, проведення монтажних і демонтажних робіт механічного обладнання, а також для переміщення вантажів в процесі обслуговування цього механічного одладнання.

Кран встановлений на будівельно-експлуатаційному водоскиді Сангтудінської ГЕС-1 на р. Вахш в Республіці Таджикистан.

|                                                   |                       |
|---------------------------------------------------|-----------------------|
| Кліматичне виконання крана по ГОСТ 15150-69       | У1                    |
| Навколишнє середовище                             | на відкритому повітрі |
| Максимальна температура навколишнього середовища  | плюс 40С°             |
| Мінімальна температура навколишнього середовища   | мінус 32С°            |
| Мінімальна температура навколишнього середовища   |                       |
| Найбільш холодної п'ятиденки                      | мінус 18С°            |
| Навантаження сейсмічні, бали                      | 8                     |
| Назрузки вітрові по ГОСТ 1451-77 (вітровий район) | IV                    |

### 2.2. Основні дані:

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| 2.2.1. Група класифікації крана по ISO 4301/1 | A2         |
| Рід струму                                    | змінний    |
| Частота, Гц                                   | 50         |
| Напруга, В                                    | 380/220    |
| Управління краном                             | з кабіни   |
| Пристрій запобіжний                           | захоплення |

напіваавтоматичний

Ручний.= 11 тс

Довжина підкранових шляхів, м

54,5

Система струмопідводу:

-крана

кабельний барабан

-візки

гнучкий кабель

## 2.2.2. Механізм підйому

Група класифікації по ISO 4301/1

M2

Вантажопідйомність, т

2x63

Швидкість підйому, м/мін (м/с)

2,45 (0,0408)

Висота підйому, м

-над головою рейки

14,74

-повна

71

## 2.2.3. Механізм пересування візка

Група класифікації по ISO 4301/1

M3

Швидкість пересування, м/мін (м/с)

9,6 (0,16)

Колія, м

8

База, м

5,2

Діаметр колеса, мм

630

Загальна кількість коліс

4

Кількість приводних коліс

2

## 2.2.4. Механізм пересування крана

Група класифікації по ИСО 4301/1

M3

Швидкість пересування, м/мін (м/с)

19,02 (0,317)

Колія, м

22

База, м

8

Діаметр колеса, мм

710

Загальна кількість коліс

8

Кількість приводних коліс

2

## 2.3 Опис конструкції:

Основними вузлами крана є: металоконструкція крана, механізм пересування, візок і електроустаткування (рис.2.3.1).

Металоконструкція крана є чотирьохстосечною конструкцією, що складається з порталу, чотири стійкий і двох ходових балок. Портал складається з двох головних і двох кінцевих балок коробчатого перетину. Всі монтажні стики зварні. Візок складається з металоконструкції, на якій встановлені: механізм підйому і механізм пересування. Для виробництва ремонтних робіт є таль г.п. 5 т.

Металоконструкція візка є зварною конструкцією, що складається з двох ходових балок і двох головних балок коробчатого перетину. Монтажні стики зварні.

Механізм підйому складається з двох канатних барабанів  $\varnothing 1100$  мм з ребордами, подвійною нарізкою і двошаровою навивкою каната, двох реле перевантаження, двох підвісок, двох установок верхніх блоків і приводу. Привід двох барабанів загальний, такий, що складається з редукторів: Ц2-1000-31,5-14М У2, Ц2-1000-31,5-25М У2, 2Ц2-250Н-6,3-12 КВХ КВЫХ У2, 2Ц2-250Н-6,3-21КВХКВЫХ У2, двох гальм ТКГ-300М У2 і двигуна 4МТМ280М10 У1 з двома швидкохідними трансмісійними валами.

Крайні положення підвісок обмежуються двома кінцевими вимикачами: ВУ-250М У2 і ПП-743 У2. Для контролю байпасування (підриву затвора на 150 мм) встановлений командоапарат НО-426А-30 У2. Командоапаратом також обмежуються крайні положення підвіски при роботі одним барабаном.

На головних балках порталу крана для переміщення візка встановлені рейки КР100 з подвізковими упорами по краях.

Механізм пересування візка складається з двох приводних і двох неодружених кованих коліс  $\varnothing 630$  мм. Привід здійснюється від двигуна МТН311-6 У1. через редуктори: ВКУ-765М-63-23 У1, 1ЦУ-160-3.15-21 У2 і трансмісійні

вали. На механізмі встановлено гальмо ТКГ-200М У2. Для обмеження ходу візка на порталі крана встановлені вимикачі ПП-741 У2.

Для оберігання механізмів від дії навколишнього середовища на візку встановлений шатер, що складається з каркаса, виконаного з прокатних профілів, обшитий гофрованим профілем.

Механізм пересування крана складається з чотирьох балансирів, два з яких є такими, що ведуть. Привід включає двигун МТН312-8 У1, редуктор КЦ2-200Н-28-42КВХ КВЫХ У1, гальмо ТКГ-200М У2 і відкриту зубчасту передачу.

Для обмеження ходу крана на ходовій балці встановлений вимикач ПП-741 У2.

Для оберігання крана від уgonу вітром неробочого перебування на приводних балансирах встановлені напівавтоматичні захоплення.

На ходовій балці крана з боку верхнього б'єфу встановлений кабельний барабан струмопідводу до крана.

На металоконструкції крана встановлені майданчики і сходи, що дозволяють обслуговувати механізми крана.

Кабіна крана закритого типу розташована на майданчику з боку нижнього б'єфу.

Вихід на портал крана заблокований вимикачем ВП16ПЕ23Б-231-55У2.3.

Для вітрової сигналізації на шатрі встановлений анемометр М95М.

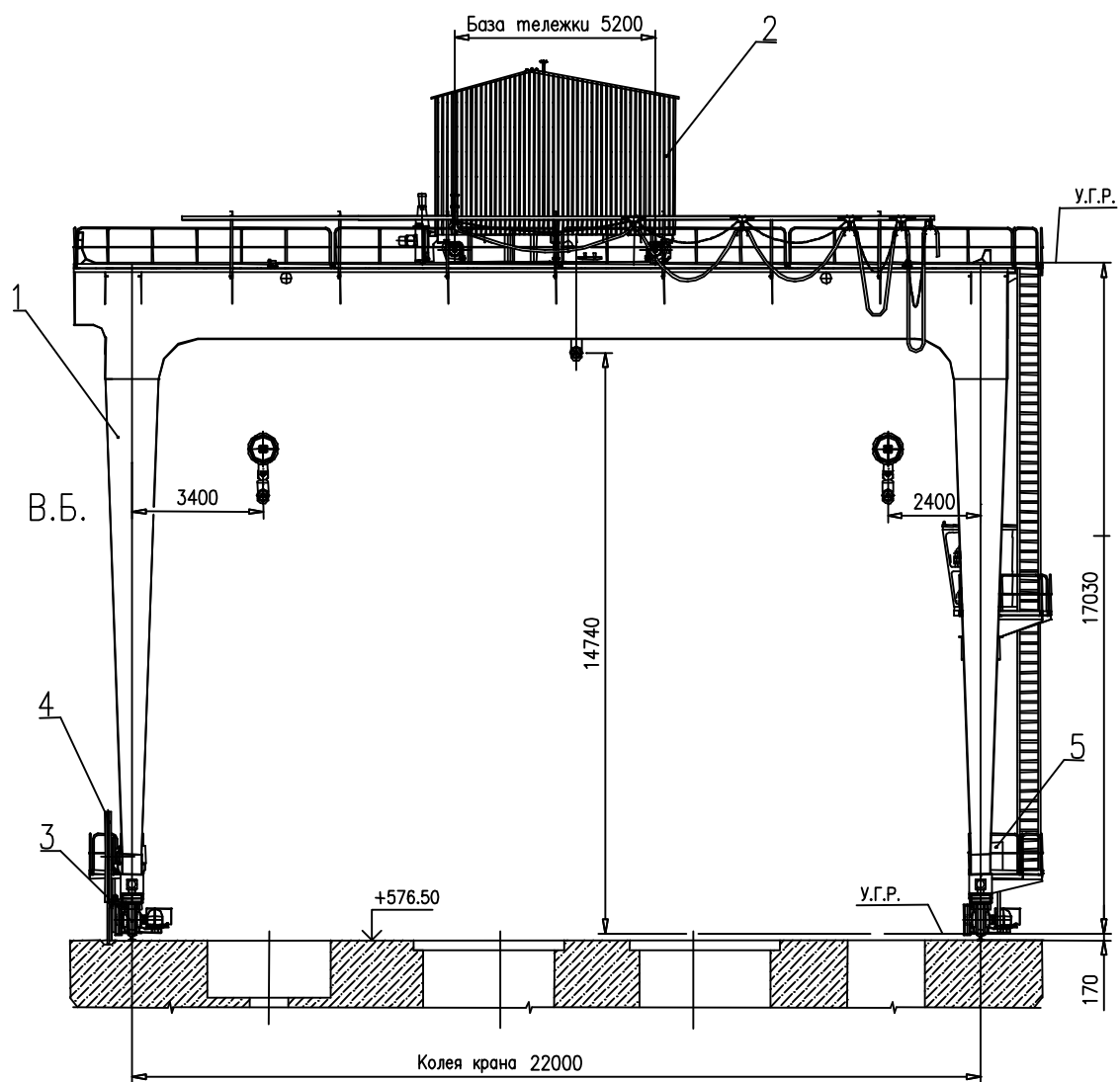


Рисунок 2.3.1 – Кран козловий спеціальний Q=2x63 т

- 1 – Металоконструкція крана
- 2 – Візок
- 3 – Механізм пересування крана
- 4 – Кабельний барабан
- 5 – Електроустаткування.

## **2.4. НЕДОЛІКИ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ:**

Недоліками крана є те що кран виготовлений приблизно у 60-ті роки. Механізми крана застаріли, щоб забезпечувати безаварійну роботу. Вигідніше було б вибирати механізми з каталогів, що використовують на даний час, на ведучих кранобудівних заводах у світі.

Проте найгірший стан має механізм підйому, тому що в ньому застосовуються чотири редуктори двох різних типів. А це тягне за собою необхідність мати додаткові муфти та як наслідок важкість їх постачання й обслуговування. До того ж необхідно виточити вали з'єднувальні вали двох різних типорозмірів, що теж є досить кошовною операцією.

## **2.5. ЗАВДАННЯ Й ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ:**

Головне завдання по модернізації козлового крану, що розглядається в даному проекті, полягає в підвищенні надійності роботи крану, спрощенні обслуговування та ремонту агрегатів та механізмів крану, збільшенні ресурсу роботи механізмів. Виходячи з того, що існуючий кран повністю задовольняє всім вимогам по технічним характеристикам, продуктивності роботи (ці висновки ґрунтуються на специфіці роботи крану) приходимо до висновку: модернізація буде проводитись зі збереженням всіх основних технічних характеристик (вантажопідйомність, висота підйому, швидкості пересування візка та крану). Модернізація буде торкатися лише механізму підйому вантажу. Оскільки застосована в цьому механізмі схема передачі обертового моменту від електродвигуна на барабан з застосуванням редукторів двох типорозмірів не є раціональною. Модернізація полягає у встановленні редуктора типу ЦЗН-710 замість двох редукторів типів Ц2-1000 та 2Ц2-250. Цей шлях модернізації включає в себе усунення однієї зайвої пари з'єднувальних муфт, а також перехід від двох типів проміжних трансмісійних валів до валів одного типорозміру. Це дозволяє значно спростити та зменшити витрати на обслуговування та ремонт

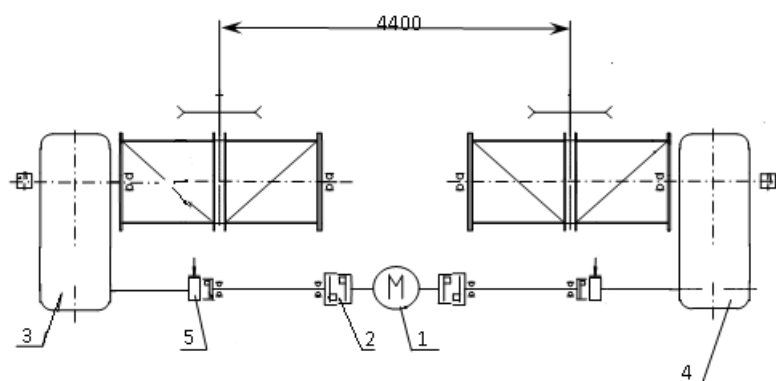
механізму підйому вантажу. Адже при такій схемі зменшується вірогідність виходу з ладу кожного складового та механізму в цілому.

## 2. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ КРАНУ:

### 3.1. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ:

#### 3.1.1. Вихідні дані:

Згідно з рекомендаціями щодо проектування козових спеціальних кранів для гідроелектростанцій, приходимо до висновку: головна вимога до механізму підйому вантажу – це забезпечення плоско-паралельного підйому гідравлічного обладнання. Даним обладнанням являється задвижка ремонтного затвору. Підйом даної задвижки головна задача робіт крана, що розглядається в проекті. Для забезпечення плоско-паралельного підйому гідравлічного обладнання обираємо здвоєний механізм підйому (рис 3.1.1), що буде складатися з двох дзеркальних комплектів барабанів, редукторів, муфт; котрі приводяться в роботу від одного електродвигуна. Наявність одного електродвигуна дозволяє забезпечити рівномірність та синхронність підйому. Також для даної схеми приймаємо 2 здвоєні поліспасти з кратністю кожного рівною 4 (рис 3.1.2).



1 – Електродвигун 4МТМ280М10

3–Редуктор 2Ц2-250Н-6,3-12

У1

$N_H=60$  кВт;  $n_H=575$  об/мин.

4–Редуктор 2Ц2-250Н-6,3-21

2 –Муфта зубчата МЗ-10000 (МЗ-6)     5–Гальмо ТКГ 300М У2

Рисунок 3.1.1 – Кінематична схема механізму підйому вантажу

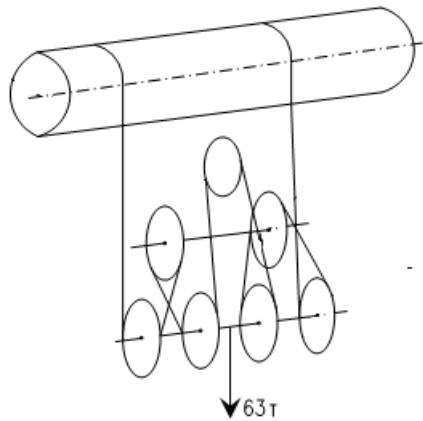


Рисунок 3.1.2. – Схема запасовки каната механізму підйому.

$Q = 63000$ -Вантажопідйомність, кг

$G_{\Pi} = 1110$ -Маса підвіски, кг

$V = 2,45$  –Швидкість підйому вантажу, м/хв

$H = 71$ - Висота підйому, м

$M = 4$ - Кратність поліспада механізму підйому.

### 3.1.2. Вибір канату:

Найбільше зусилля у вітці підтримуючого канату каната, Н

$$S = \frac{9,81 \cdot (Q + G_n)}{2 \cdot m \cdot \eta_n \cdot \eta_{\sigma}} = \frac{9,81 \cdot (63000 + 1110)}{2 \cdot 4 \cdot 0,97 \cdot 0,98} = 82700$$

$m = 4$ - Кратність поліспада

$\eta_{\Pi} = 0,97$ -ККД поліспада

$\eta_6 = 0,98$ -ККД барабана

Мінімальний допустимий коефіцієнт використання канату для режиму роботи М2

$Z_{\min} = 3,35$

Тип канату 24-Г-І-Ж-Н-Р-1570 ГОСТ 2688-80

подвійної звивки конструкції 6х19, з органічним сердечником

Маркіровочна група канату, МПа -1570

$S_p = 287000$ - Розривне зусилля каната у цілому, Н

Фактичний коефіцієнт використання канату

$$Z_{\phi} = \frac{S_p}{S_k} > Z_{\min}$$

$$Z_{\phi} = \frac{287000}{82700} = 3.47 > 3,35$$

### 3.1.3. Барабан канатний:

Мінімально допустимий діаметр по середній лінії канату, м

$$D_6^{\min} = h_1 \cdot d = 12,5 \cdot 0,024 = 0,3$$

$h_1 = 12,5$ - Мінімальний коефіцієнт вибору діаметра барабану

$d = 0,024$ - Діаметр каната, м

Прийняті параметри барабана.

Діаметри барабана:

$D_6 = 1,1$ - по дну канавки, м

$D_{cp} = 1,124$ - по середній лінії канату, м

$D_{вн} = 1,4$ - внутрішній діаметр, м

$t = 28,16$  -Шаг нарізки, мм

Корисна довжина канату, що намотується на барабан, м

$$L = H \cdot m = 71 \cdot 4 = 284$$

Внаслідок того, що висота підйому складає 71, габарити візка для розміщення барабанів обмежені. Приймаємо двошарову навивку канату на барабан, м  
Довжина одного витка першого шару навивки каната, м

$$l_1 = \pi \cdot D_{cp} = 3,14 \cdot 1,124 = 3,531$$

Довжина одного витка другого шару навивки каната, м

$$L_2 = \pi \cdot (D_{cp} + 2 \cdot d) = 3,14 \cdot (1,124 + 2 \cdot 0,024) = 3,682$$

Довжина каната першого та другого шару навивки, м

$$L_1 = L_2 = \frac{L}{2} = \frac{284}{2} = 142$$

Кількість витків першого шару навивки,

$$Z_1 = \frac{L_1}{l_1} = \frac{142}{3,531} = 40$$

Довжина нарізної частини однієї секції барабану, мм

$$L_H = Z_1 \cdot t = 40 \cdot 28,16 = 1126,4$$

Кількість робочих витків першого шару навивки

$$Z_{p1} = Z_1 - Z_{раз} - Z_3 = 40 - 2 - 1,5 = 36,5$$

$Z_{\text{раз}}=2$ -Кількість розвантажуючих витків канату

$Z_3=1,5$ - Кількість запасних витків канату

Кількість робочих витків другого шару навивки

$$Z_{p2} = \frac{L_2 + (3,5 \cdot l_1)}{l_2} = \frac{142 + (3,5 \cdot 3.531)}{3.682} = 42$$

Ширина однієї секції на котру вкладається корисна довжина канату другого шару навивки, мм

$$B = Z_{p2} \cdot d \cdot 1000 = 42 \cdot 0,024 \cdot 1000 = 1008$$

#### 3.1.4. Вибір електродвигуна:

Кількість приводів підйому підтримуючого канату-2

ККД механізму підйому

$$\eta_o = \eta_1^2 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_6 = 0,96^2 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97 \cdot 0,98 = 0,86$$

$\eta_1 = 0,96$ - ККД редуктора ЦЗН-710

$\eta_2 = 0,99$ - ККД зубчатої муфти

$\eta_6 = 0,98$ - ККД барабана

Розрахункова статична потужність двигуна, кВт

$$P_{\text{ст}} = \frac{2 \cdot (Q + G_n) \cdot V}{6120 \cdot \eta_o} = \frac{2 \cdot (63000 + 1110) \cdot 2.45}{6120 \cdot 0.86} = 59.6$$

Обираємо електродвигун-4МТМ280М10

$N_H = 60$ - Номінальна потужність електродвигуна, кВт

$n_H = 575$ - Частота обертання вала електродвигуна, об/хв.

### 3.1.5. Перевірка двигуна за нагрівом та часом пуску:

Перевіримо потужність вибраного двигуна за нагріванням

$$P_{EKB} = K_{25} \cdot \gamma \cdot P_{CT} \leq P_{25}$$

$$P_{EKB} = 0.5 \cdot 0.86 \cdot 59.6 = 25.6 \leq 60$$

де  $K_{25}$  - коефіцієнт приведення потужності для легкого режиму роботи,  $K_{25} = 0.5$ ;  
 $\gamma = 0.86$  - коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом двигуна потужність  
 $P_{25}$  - потужність двигуна при ПВ 25%.

Перевірка двигуна за часом пуску:

$$t_n = \frac{I_{3B} \cdot \omega_{\partial}}{T_n^{CP} \pm T_{CT}} \geq [t_n] = 1 \dots 2c$$

$$t_n = \frac{6.8 \cdot 60.1}{1497 \pm 1015} \geq [t_n] = 1.2c$$

де  $I_{3B}$  - зведений до вала двигуна момент інерції рухомих мас при підніманні та опусканні вантажа,  $кгм^2$ ;

$$I_{3B} = \delta(I_P + I_M) + m \frac{D^2}{4 \cdot i_n^2 \cdot i_{\phi}^2 \cdot \eta_0}$$

$$I_{3B} = 1.2(2 + 2.5) + 126000 \frac{1.124^2}{4 \cdot 4^2 \cdot 204^2 \cdot 0.86} = 9.6$$

$\delta = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує момент інерції обертових мас деталей, крім вала двигуна;

$I_p, I_m$  - відповідно момент інерції ротора двигуна і муфти,  $\text{кгм}^2$ ;

$m = 10^3 Q_{\max}$  - маса вантажу, що підіймається, кг;

$D$  - діаметр барабана, м;

$m$  - кратність поліспаста;

$T_n^{CP}$  - середньопусковий момент двигуна, Н·м;

$$T_{\Pi}^{CP} = \psi \cdot M_H = 1.5 \cdot 998 = 1497$$

де  $\psi = 1,5 \dots 1,6$  - середня кратність пускового моменту для двигунів трьохфазного струму

Момент на валу двигуна від маси підвіски і вантажу, Н·м.

$$T_{CT} = \frac{10^4 (Q + G_{\Pi}) D}{2 \cdot m \cdot i_{\phi} \cdot \eta_0}$$

$$T_{CT} = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot (63 + 1,11) \cdot 1.124}{2 \cdot 4 \cdot 204 \cdot 0.86} = 1015$$

### 3.1.6. Вибір механічної передачі механізму підйому:

Враховуючи застосування в механізмі підйому крана 4-х редукторів 2-х різних типів, модернізуємо кран за рахунок встановлення замість 2-х редукторів різних типів, 1-го редуктора типу ЦЗН-710.

Враховуючи, що сумарне передаточне число дорівнює

$$204,2, \text{ де } (32,42 \times 6,3 = 204,2)$$

Обираємо редуктор ЦЗН-710 з передаточним числом 200 та сумарною міжосьовою відстанню 1160мм.

Перевіримо відхилення обраного передаточного числа від потрібного.

$$\frac{U_{\phi}}{U} \times 100\% = \frac{204,2}{204,2} \times 100\% = 2\%$$

Відхилення складає 2%, що знаходиться у межах допустимого, та не перевищує граничного значення 5%.

Необхідне передаточне число механізму:

$$i_n = \frac{\pi \cdot (D_{cp} + 2d) \cdot n_n}{m \cdot V} = \frac{3.14 \cdot (1.124 + 2 \cdot 0.024) \cdot 575}{4 \cdot 2.45} = 216$$

Обираємо редуктор ЦЗН-710,

передаточне число редуктора-32,42

Фактична швидкість підйому вантажа, м/хв:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot (D_{cp} + 2d) \cdot n_n}{m \cdot i_0} = \frac{3.14 \cdot (1.124 + 2 \cdot 0.024) \cdot 575}{4 \cdot 204} = 2.58$$

Відхилення фактичної швидкості від проектної

$$\Delta V = \frac{V_{\phi} - V}{V} \cdot 100\% \leq 5\%$$

$$\Delta V = \frac{2.58 - 2.45}{2.45} \cdot 100\% = 5\%$$

### 3.1.7. Крутні моменти на валах механізму підйому:

Крутний момент на барабані, Нм:

$$M_B = \frac{S \cdot (D_{cp} + 2d)}{2 \cdot \eta_o \cdot \eta_n} \cdot a_K = \frac{82700 \cdot (1.124 + 2 \cdot 0.024)}{2 \cdot 0.98 \cdot 0.97} \cdot 2 = 98902$$

де  $a_K=2$ —число гілок, що набігають на барабан

Крутний момент на швидкохідному валу редуктора ЦЗН-710, Нм:

$$M_1 = \frac{M_B}{i_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{98902}{32.42 \cdot 0.96 \cdot 0.99} = 3210$$

Крутний момент на валу електродвигуна, Нм:

$$M_2 = \frac{2 \cdot M_1}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{2 \cdot 3210}{0.96 \cdot 0.99} = 6755$$

### 3.1.8. Перевірка редукторів та вибір муфт:

Номінальний крутний момент на тихохідному валу редуктора ЦЗН-710(за каталогом), Нм:

$$M_{\text{НОМ1}} = 191295$$

$$M_{\text{НОМ1}} > M_B$$

$$191295 > 98902$$

Найбільше консольне навантаження на тихохідному валу редуктора ЦЗН-710 (за каталогом), Н:

$$P_T = 196200$$

$$P_T > S + \frac{G_6}{2} = 82700 + 58860/2 = 112130 \text{ Н}$$

Де  $G_6$ -вага барабана, Н

$$G_6 = 6000 \times 9,81 = 58860$$

На валу електродвигуна конструктивно встановлена зубчаста муфта МЗ-10000 (МЗ-6) 400 з допускним крутним моментом, Н·м

$$[M]_{M2} = 10000$$

Коефіцієнт запаса міцності муфти

$$K_M = \frac{[M]_{M2}}{M_2} > K$$

$$K_M = \frac{10000}{6755} = 1.48 > 1.3$$

$K=1,3$ -коефіцієнт запаса міцності муфти, який приймається для кранів легкого режиму роботи

### 3.1.9. Вибір гальм:

Необхідний момент, Н·м

$$M_T = \kappa_T \cdot \frac{9,81 \cdot (Q + G_n) \cdot (D_{cp} + 2d)}{2 \cdot m \cdot i_o} \cdot \eta_{\max}$$

$$M_T = 1,5 \cdot \frac{9,81 \cdot (63000 + 1110) \cdot (1,124 + 2 \cdot 0,024)}{2 \cdot 4 \cdot 204} \cdot 0,86 = 626,5$$

де  $\kappa_z = 1,5$ - Коефіцієнт запасу гальмування;

Максимальний ККД при гальмуванні:

$$\eta_{\max} = \frac{1 + \eta_0}{2} = \frac{1 + 0,86}{2} = 0,93$$

Встановлені гальма: ТКГ-300

Максимальний гальмовий момент, Н·м:

$$[M]_T > M_T$$

$$[M]_T = 800 > M_T = 626,5$$

### 3.1.10. Розрахунок барабана на міцність:

Матеріал барабана-Сталь 09Г2С ГОСТ 19281-89

Межа текучесті матеріала барабана, МПа:

$$\sigma_T = 265$$

Напруга стиску, яка виникає у тілі барабана ,МПа

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{\alpha n \cdot S}{\delta \cdot t} < [\sigma]_{\text{сж}}$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{1.4 \cdot 82700}{25 \cdot 28.16} = 137 < 144$$

$\alpha$ - Коефіцієнт зниження навантаження під дією деформацій каната та стінки барабана

n-число шарів навивки на барабан

S = 82700 Н

t = 28,16 мм

Товщина стінки, мм ( $D_{\text{вн}}$  береться конструктивно):

$$\delta = \frac{(D_{\text{б}} - D_{\text{вн}}) \cdot 1000}{2} = \frac{(1.1 - 1.04) \cdot 1000}{2} = 30$$

Допустимі напруження стиску, МПа

$$[\sigma]_{\text{сж}} = \frac{\sigma_{\text{т}} \cdot \gamma_{\text{с}}}{\gamma_{\text{м}} \cdot \gamma_{\text{н}}} = \frac{265 \cdot 1}{1.05 \cdot 1.75} = 144$$

де  $\gamma_{\text{с}}=1$ - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_{\text{м}}=1,05$ - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_{\text{н}}=1,75$ - Коефіцієнт надійності за призначенням;

### 3.1.11. Кріплення каната до барабану прижимними планками:

Розрахункове зусилля каната у місці кріплення, Н

$$S' = \frac{S}{e^{f \cdot \beta}} \approx \frac{82700}{2,5} = 33080$$

$f=0,1$ -Мінімальний коефіцієнт тертя між канатом та поверхнею барабана

$\beta=3\pi$ -Кут обхвату барабана запасними вітками, радіан

Необхідний натиск всіх болтів кріплення, Н

$$P = \frac{0,65 \cdot K_1 \cdot S'}{W} = \frac{0,65 \cdot 1,25 \cdot 33080}{0,4} = 67194$$

де 0,65- Коефіцієнт, що враховує розгрузочну дію від тертя крепіжних вітків каната о барабан ;

$K_1=1,25$ - Коефіцієнт надійності кріплення,

$W=0,4$ - Коефіцієнт опору руху каната при затисканні планками,

Виходячи з умов міцності прийняті болти, в яких  $d_{\text{вн.}}=2,075$  см М24-6g.46.0112

ГОСТ 7798-70

Кількість закріплюючих болтів

$$Z = \frac{4 \cdot 10 \cdot P}{1000 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн.}}^2 \cdot [\sigma]_p} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 67194}{1000 \cdot 3,14 \cdot 2,075^2 \cdot 62} = 3,2$$

Так як одним болтом притискаються 2 каната різних секцій приймаємо  $Z=10$

Допустимі напруження розтягу для Сталі 20 ГОСТ 1050-88 з  $\sigma_T=245$  МПа, Мпа

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{255 \cdot 0,4}{1,05 \cdot 1,5} = 62$$

де  $\gamma_c=0,4$ - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m=1,05$ - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n=1,5$ - Коефіцієнт надійності за призначенням;

### 3.1.12. Розрахунок вісі підвіски:

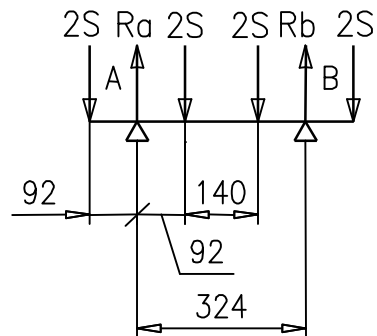


Рисунок. 3.1.3. – Схема навантаження вісі блоків підвіски в.п.63 т

Матеріал вісі- Сталь 35 ГОСТ 1050-88

Межа текучесті матеріала, МПа:

$\sigma_T=254$

Найбільше нормальне напруження при згині в нижній вісі підвіски, Мпа

$$\sigma_1 = \frac{M_{из1}}{W_1} = \frac{220500}{273} = 82.2 < [\sigma]_{из}$$

$$M_{из1} = \frac{Q}{2} \cdot 7 = \frac{63000}{2} \cdot 7 = 220500 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W_1 = 0,1 \frac{d_1^4 - d_0^4}{d_1} = 0,1 \cdot \frac{0.14^4 + 0.035^4}{14} = 0.000273 \text{ см}^3$$

$d_1 = 0,14 \text{ м}; d_0 = 0,035 \text{ м}$

Допускне нормальне напруження на згин, Мпа

$$[\sigma]_{\text{н}} = \frac{\sigma_T \cdot C \cdot \gamma_C}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{254 \cdot 1.2 \cdot 0.8}{1.05 \cdot 1.75} = 128$$

$$C = 1,2$$

$\gamma_C = 0,8$ - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m = 1,05$ - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n = 1,75$ - Коефіцієнт надійності за призначенням;

Найбільше дотичне напруження при згині в нижній вісі підвіски, Мпа

$$\tau_1 = \frac{6,1 \cdot Q}{2 \cdot \pi \cdot (d_1 - d_0)^2} = \frac{6,1 \cdot 63000}{2 \cdot 3.14 \cdot (0.14 - 0.035)^2} = 56.5 < [\tau]$$

Допускне дотичне напруження на згин, Мпа

$$[\tau] = \frac{\sigma_T \cdot C \cdot \gamma_C}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{254 \cdot 0.6 \cdot 0.8}{1.05 \cdot 1.75} = 66.4$$

$$C = 0,6$$

$\gamma_C = 0,8$ - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m = 1,05$ - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n = 1,75$ - Коефіцієнт надійності за призначенням;

Найбільше нормальне напруження при згині в вісі блоків, Мпа

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W} = \frac{15216.8}{0.0002197} = 69 < [\sigma]_{\text{н}}$$

$$M_2 = 2 \cdot S \cdot 92 = 2 \cdot 82700 \cdot 92 = 15216,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 0,13^3 = 0,0002197 \text{ м}^3$$

Найбільше дотичне напруження при згині в вісі блоків, МПа

$$\tau_2 = \frac{6,1 \cdot 2 \cdot S}{9,81 \cdot \pi \cdot d_2^2} = \frac{6,1 \cdot 2 \cdot 82700}{9,81 \cdot 3,14 \cdot 0,13^2} = 19,8 < [\tau]$$

$$d_2 = 0,13 \text{ м}$$

### 3.1.13. Розрахунок траверси підвіски:

Матеріал траверси Сталь 45-2ГП ГОСТ 1050-88

Межа текучесті матеріала, МПа:

$$\sigma_T = 275$$

Нормальне напруження при згині в перетині 1 - 1, МПа

$$\sigma_{н1} = \frac{M_1}{W_1} < [\sigma]_{н1}$$

Згинаючий момент в перетині 1-1, Н·м

$$M_1 = Q \left( \frac{L}{4} - \frac{D_{cp}}{2 \cdot \pi} \right) = 63000 \cdot \left( \frac{324}{4} - \frac{0.1825}{2 \cdot 3.14} \right) = 32760$$

$$D_{cp} = \frac{D + d}{2} = \frac{0.22 + 0.145}{2} = 0.1825 \text{ м}$$

Момент опору перетину 1-1, м<sup>3</sup>

$$W_1 = \frac{(B - d) \cdot H^2}{6} = \frac{(0.26 - 0.145) \cdot 0.2^2}{6} = 0.000766$$

Допускне нормальне напруження при згині, Мпа

$$[\sigma]_{\text{и}} = \frac{\sigma_T \cdot C \cdot \gamma_C}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{275 \cdot 1.05 \cdot 1}{1.15 \cdot 1.75} = 143,5$$

$$C = 1,05$$

$\gamma_C = 1$ - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m = 1,15$ - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n = 1,75$ - Коефіцієнт надійності за призначенням;

Нормальне напруження при згині в перетині 2-2, Мпа

$$\sigma_{и2} = \frac{M_2}{0,1 \cdot d_1^3} = \frac{56700}{0,1 \cdot 10^3} = 43,5 < [\sigma]_{\text{и}}$$

Згинаючий момент в перетині 1-1, Н·м

$$M_2 = \frac{Q \cdot l}{4} = \frac{630000 \cdot 0.036}{4} = 5670$$

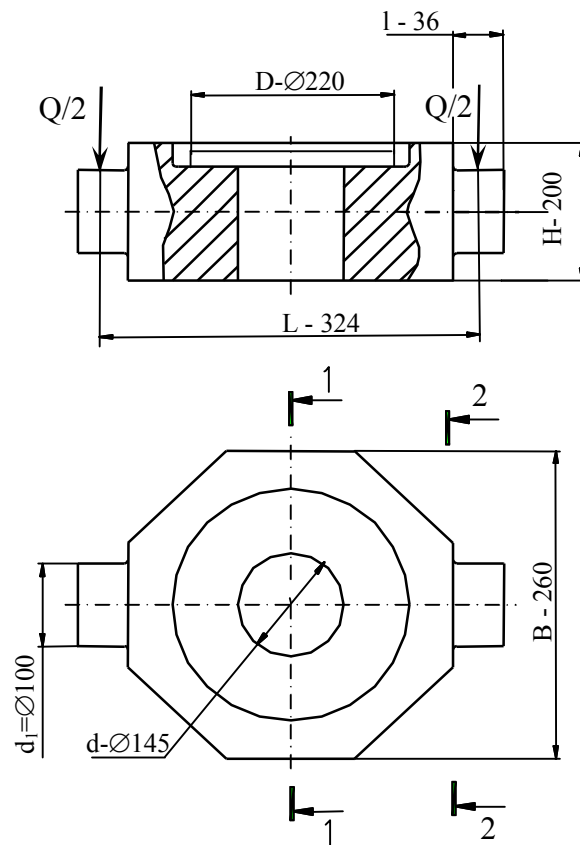


Рис. 3.1.4. – Розрахункова схема траверси

### 3.2. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВІЗКА:

#### 3.2.1. Вихідні дані:

Для механізму пересування візка обираємо класичну схему з центральним розташуванням електродвигуна та вертикального редуктора (рис. 3.2.1.). Перевагою цієї схеми є більш рівномірне розподілення тиску на приводні колеса, а також те що навантаження від ваги привода сприймає безпосередньо рама візка. Враховуючи те що швидкість пересування візка не є вирішальною технічною характеристикою, і те що для виконання ремонтних робіт потрібні низька швидкість пересування візка, то додатково встановлюємо ще один циліндричний редуктор безпосередньо за електродвигуном. Це дозволяє збільшити передаточне число, та відповідно зменшити швидкість пересування візка.

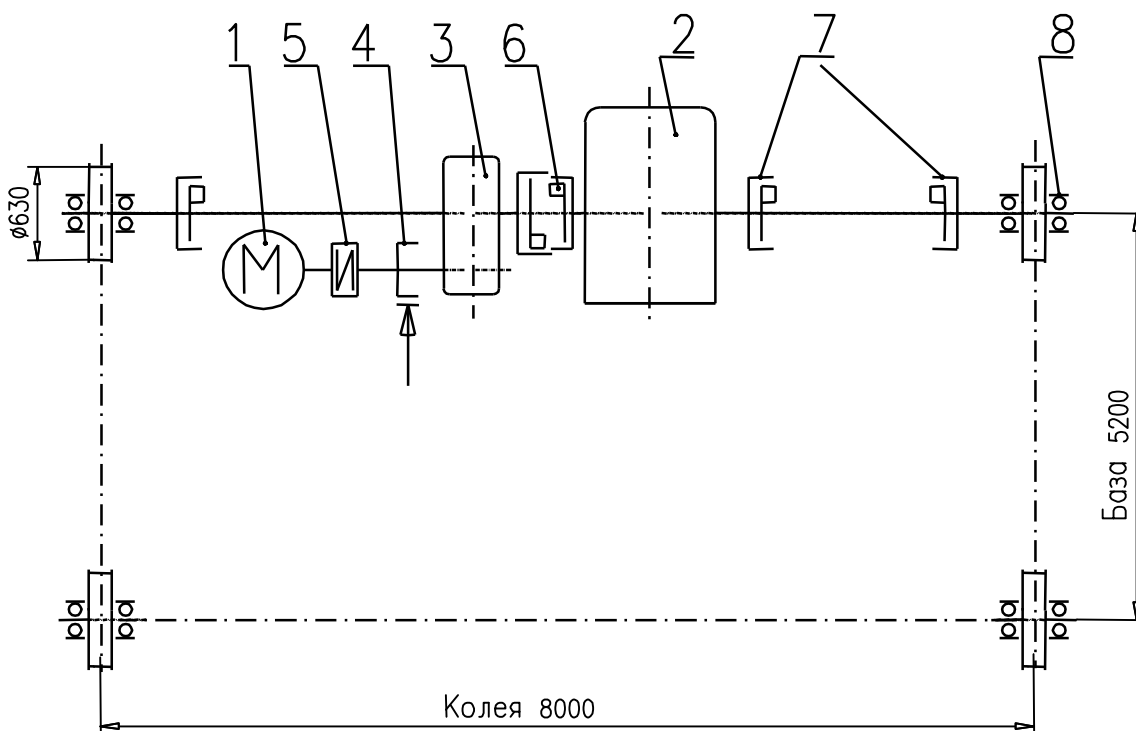


Рисунок 3.2.1–Схема механізму пересування візка.

1 – Електродвигун МТН311-6 У1  $N_H=11$  кВт;  $n_H=940$  об/хв.

- 2 – Редуктор ВКУ-765М-63-23 У1
- 3 – Редуктор 1ЦУ-160-31,5-21 У2
- 4 – Гальмо ТКГ -200М У2
- 5 – Півмуфта пальцева Ø200
- 6 – Муфта зубчата МЗП-1600
- 7 – Півмуфта зубчата МЗП 25000
- 8 – Подшипник 3626 ГОСТ 5721-75

|                                   |                                                              |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Вага візка, т                     | $G_{\text{тел}}=60$                                          |
| Вага вантажу що перевозиться, т   | $G_{\text{гр}}=G_{\text{тр}}+G_{\text{зат}}=3,62+50,1=53,72$ |
| Вага траверси, т                  | $G_{\text{тр}}=3,62$                                         |
| Вага затвора, т                   | $G_{\text{зат}}=50,1$                                        |
| Зусилля підриву затвора, т        | $P_{\text{под}}=126$                                         |
| Швидкість пересування візка, м/хв | $V=9,6$                                                      |
| Кількість ходових коліс           | $n=4$                                                        |
| Кількість приводних коліс         | $n_{\text{пр}}=2$                                            |
| Тип привода                       | центральний                                                  |

### 3.2.2. Визначення максимальних та мінімальних навантажень на підвізкові рейки:

Визначення максимального тиску ходового колеса на рейки, кН

$$P_{\text{max}} = \frac{G_{\text{тел}} + P_{\text{под}}}{n} = \frac{60 + 126}{4} = 456$$

За отриманим тиском обираємо литі ходові колеса діаметром,

$D_k=630$  мм, допустиме навантаження 638 кН

Тип підвізкової рейки – КР100

Визначення мінімального тиску ходового колеса на рейки, кН

$$P_{\min} = \frac{G_{\text{мел.}}}{n} = \frac{60}{4} = 147$$

Визначаємо підвітряні площі крану

$$F=axb$$

$$F_1 = 30,7 \text{ м}^2; F_2 = 61 \text{ м}^2; F_3 = 5,07 \text{ м}^2; F_4 = 4,42 \text{ м}^2; F_5 = 42,5 \text{ м}^2; F_6 = 37,06 \text{ м}^2;$$

$$F_7 = 1,7 \text{ м}^2; F_8 = 3,36 \text{ м}^2; F_9 = 45,5 \text{ м}^2; F_{10} = 5,1 \text{ м}^2; F_{11} = 2,1 \text{ м}^2; F_{12} = 8,1 \text{ м}^2;$$

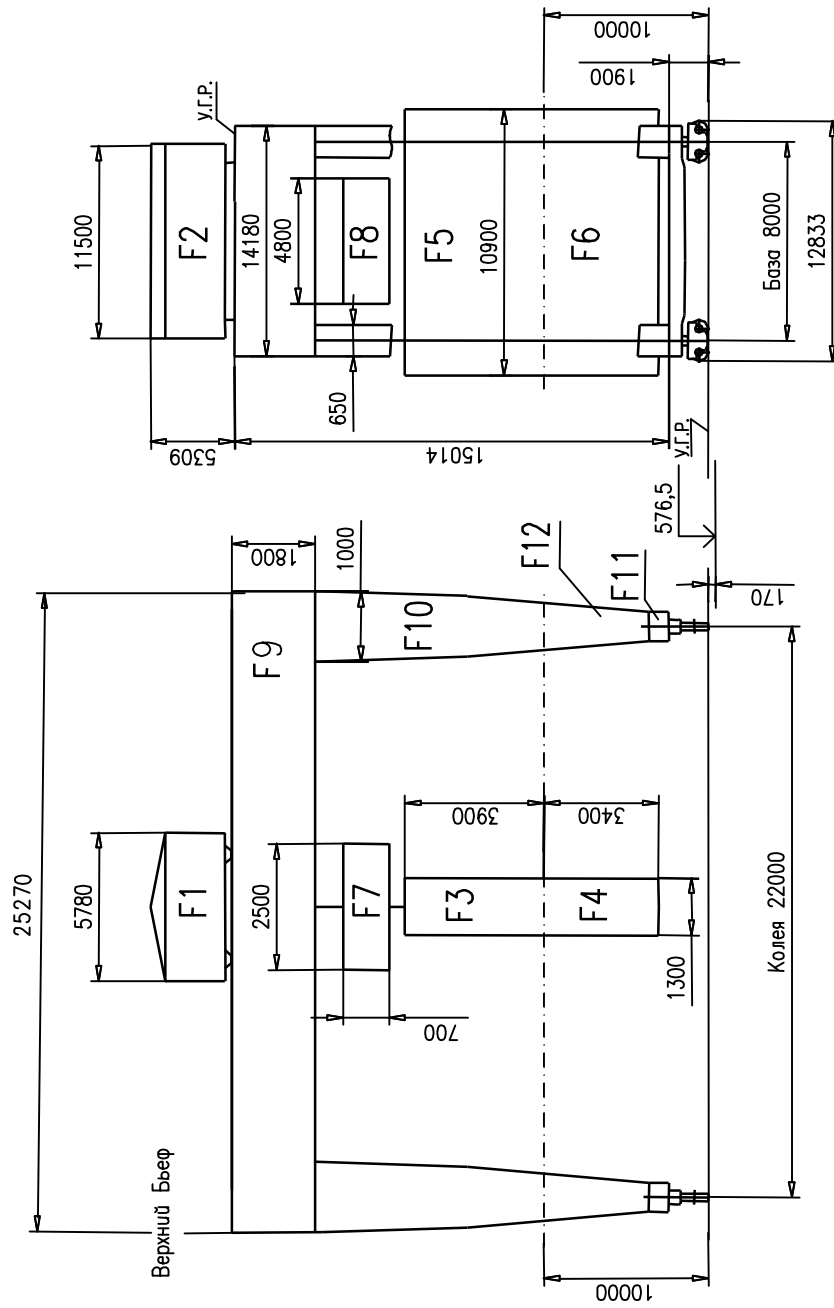


Рисунок 3.2.2 – Підвітряні площини крану.

### 3.2.3. Визначення опорів пересуванню візка:

Повний статичний опір пересуванню візка з вантажем, кН

$$W = W_T + W_B = 1137 + 5120 = 62,57$$

Повний статичний опір пересуванню візка з вантажем при розрахунку потужності електродвигуна, кН

$$W_{\Sigma} = W_T + 0,7 \cdot W_B = 2,91 + 0,6 \cdot 5120 = 47,21$$

Опір від тертя та ухилу підвізкових рейок, кН

$$W_T = q \cdot (G_{\text{тел}} + G_{\text{гр}}) = 10 \cdot (60 + 53,72) = 11,37$$

$q=0,1$ -питомий опір руху, кН

без врахування вантажу, кН

$$W'_T = q \cdot G_{\text{тел}} = 10 \cdot 60 = 6$$

Опір від дії вітрового навантаження, кН

$$W_B = W_{B_T} + W_{B_{\text{гр}}} = 2288 + 2832 = 51,2$$

Опір від дії вітрового навантаження на шатер візка, кН

$$W_{B_T} = q_p \cdot k \cdot C \cdot n \cdot F_2 = 25 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 61 = 22,88$$

Динамічний тиск вітру робочого стану, Па  $q_p=250$

Коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою  
( $>10$  м)  $k=1.25$ ; ( $<10$  м)  $k_1=1$

Коефіцієнт перевантаження  $n=1$

Коефіцієнт аеродинамічної сили  $C=1.2$

Підвітряна площа шатра по колії візка,  $m^2$   $F_2=61$

Опір від дії вітрового навантаження на вантаж, що перевозиться, кН

$$W_{\text{Вгр}} = q_p \cdot C \cdot n \cdot [(k \cdot F_8) + (k \cdot F_5) + (k_1 \cdot F_6)]$$

$$W_{\text{Вгр}} = 250 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot [(1,25 \cdot 3,36) + (1,25 \cdot 42,5) + (1 \cdot 37,06)] = 28,32$$

Опір від дії вітрового навантаження неробочого стану на шатер візка, кН

$$W_B' = q_{\text{нр}} \cdot k_2 \cdot C \cdot n \cdot F_2 = 55 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 61 = 80,52$$

Динамічний тиск вітру неробочого стану, Па  $q_{\text{нр}}=550$

$k_2=2$ - Коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою, рахуючи від мінімального рівня води нижнього б'єфу споруди.

### 3.2.4. Вибір електродвигуна:

Коефіцієнт корисної дії механізму пересування

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_4 = 0,98 \cdot 0,91 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98^4 = 0,85$$

$\eta_1=0,98$ -к.к.д. редуктора 1ЦУ-160

$\eta_2=0,91$ - к.к.д. редуктора ВКУ-765М

$\eta_3=0,99$ - к.к.д. зубчатої муфти

$\eta_4=0,98$ - к.к.д. ходового колеса

Розрахункова статична потужність електродвигуна , кВт

$$N = \frac{W_{\Sigma} \cdot V}{6120 \cdot \eta_0} = \frac{4721 \cdot 9.6}{6120 \cdot 0.85} = 8.7$$

Встановлений електродвигун МТН311-6

Номінальна потужність електродвигуна, кВт  $N_H=14$

Частота обертання вала електродвигуна, об/хв  $n_H=940$

Номінальний момент електродвигуна, кгс·м  $M_{ном}=11,4$

Маховий момент ротора, кг·м<sup>2</sup>  $GD_{дв}^2=0,9$

Максимальний момент (за каталогом), Н·м  $M_{max}=320$

Перевіримо потужність вибраного двигуна за нагріванням

$$P_{EKB} = K_{25} \cdot \gamma \cdot N \leq P_{25}$$

$$P_{EKB} = 0.5 \cdot 0.86 \cdot 8.7 = 3.74 \leq 13$$

де  $K_{25}$  - коефіцієнт приведення потужності для легкого режиму роботи ,  $K_{25} = 0,5$ ;

$\gamma = 0,86$  -коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом двигуна потужність

$P_{25}$  - потужність двигуна при ПВ 25%.

### 3.2.5. Вибір механічної передачі механізму переміщення візка:

Необхідне передаточне число механізму

$$i_H = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_H}{V} = \frac{3.14 \cdot 0.63 \cdot 940}{9.6} = 193.8$$

$D_k = 0,63$  м;  $n_H = 940$  об/хв;  $V = 9,6$  м/хв

Внаслідок того, що потрібно передати крутний момент від електродвигуна, встановленого на рамі, до коліс. Обираємо схему розміщення редукторів, котра складається з одного горизонтального циліндричного та спеціального кранового редукторів. Така схема дозволяє змістити вісь обертання як в горизонтальній так і в вертикальній площині.

Встановлений редуктор 1ЦУ-160-31,5-21 У2

Передаточне число редуктора  $i_1 = 3,17$

Встановлений редуктор ВКУ-765М-63-23 У2

Передаточне число редуктора  $i_2 = 62,2$

Загальне передаточне відношення механізму

$$i_0 = i_1 \cdot i_2 = 3,17 \cdot 62,2 = 197,17$$

Фактична швидкість пересування, м/хв

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_H}{i_0} = \frac{3.14 \cdot 0.63 \cdot 940}{197.17} = 9.42$$

Відхилення фактичної швидкості від проектної

$$\Delta V = \frac{V_{\phi} - V}{V} \cdot 100\% \leq 5\%$$

$$\Delta V = \frac{9.42 - 9.6}{9.6} \cdot 100\% = 1.8\%$$

### 3.2.6. Крутні моменти. Перевірка редукторів та електродвигуна:

Статичний момент від опору пересування візка з вантажем ,який приходить ся на ходові колеса, Н·м

$$M_{ст} = \frac{W \cdot D_K}{2 \cdot \eta_4} = \frac{6257 \cdot 0.63}{2 \cdot 0.98} = 19728$$

Граничний короткочасно допускний крутний момент редуктора ВКУ-765М (за каталогом), Н·м

$$M_{ст} < [M]_{max}$$

$$19728 < 25212$$

$$[M]_{max} = 25212$$

Крутний момент на тихохідному валу редуктора 1ЦУ-160, Н·м

$$M_{тих2} = \frac{M_{cm}}{i_2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3} = \frac{19728}{62.2 \cdot 0.91 \cdot 0.99} = 355,7$$

Крутний момент на валу електродвигуна, Н·м  $[M]=1250$

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{max2}}}{i_{\phi 1} \cdot \eta_1} = \frac{355.7}{3.17 \cdot 0.98} = 113.8$$

Для легкого режиму роботи електродвигуна, котрий відповідає ПВ = 25%, номінальний момент дорівнює, Н·м  $M_{\text{НПВ}=25\%}=137$

$$M_{\text{НПВ}=25\%} > M_{\text{дв}}$$

$$113,8 > 137$$

### 3.2.7. Вибір муфт:

На валу електродвигуна конструктивно встановлена втулково-пальцева муфта Ø200 з допустимим крутним моментом, Н·м

$$[M]_{M1}=230$$

Коефіцієнт запасу міцності муфти

$$K_{M1} = \frac{[M]_{M1}}{M_{\text{доп}}} = \frac{230}{113.8} = 2 > K$$

$$K=K_1 \cdot K_2=1,2 \cdot 1,1=1,32$$

Між редукторами 1ЦУ-160 та ВКУ-765М конструктивно встановлена зубчата муфта МЗ-1600 з допуском крутним моментом, Н·м

$$[M]_{M2}=1600$$

Коефіцієнт запасу міцності муфти

$$K_{M2} = \frac{[M]_{M2}}{M_{mux2}} = \frac{1600}{355.7} = 4.5 > K$$

На тихохідном валу редуктора ВКУ-765М конструктивно встановлена зубчаста півмуфта МЗП-25000 з допускаємим крутним моментом, Н·м

$$[M]_{M3} = 25000$$

Коефіцієнт запасу міцності півмуфти

$$K_{M3} = 2 \cdot \frac{[M]_{M3}}{M_{cm}} = 2 \cdot \frac{25000}{19728} = 2,53 > K$$

### 3.2.8. Вибір і перевірка гальм:

Гальмівний момент механізму переміщення візка ,працюючого на відкритому повітрі не маючого протиугінного пристрою, Н·м

$$M_T = K \cdot \frac{9,81 \cdot D_K \cdot \eta_0}{2 \cdot i_o} \cdot (W_B' - W_T' + P_C)$$

$$M_T = 1.2 \cdot \frac{9,81 \cdot 0.63 \cdot 0.85}{2 \cdot 197.17} \cdot (2288 - 600 + 3000) = 76$$

K=1,2- Коефіцієнт запасу

Горизонтальна сила інерції від дії сейсмічних сил при землетрусі 8 балів, Н

$$P_C = g \cdot K_C \cdot G_{\text{тел}} = 9.81 \cdot 0,05 \cdot 60000 = 30000$$

K<sub>C</sub>=0,05- Коефіцієнт сейсмічності

Встановлені гальма ТКГ-200

Максимальний гальмівний момент, Н·м

$[M]_T=300$

Перевірка гальма на дію вітру неробочого стану, Н·м

$$M_{T'} = K \cdot \frac{9,81 \cdot D_K \cdot \eta_0}{2 \cdot i_0} \cdot (W_B' - W_T' + P_C) < [M]_T$$

$$M_T = 1,2 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,63 \cdot 0,85}{2 \cdot 197,17} \cdot (8052 - 600 + 3000) = 167$$

### 3.2.9. Час розгону електродвигуна:

Час пуску, с

$$t_n = \frac{GD^2 \cdot n_n}{375 \cdot M_n} \cdot t_{no} = \frac{4,17 \cdot 940}{375 \cdot 11,4} \cdot 3 = 2,75$$

Приведений до валу електродвигуна маховий момент частин механізму і вантажу, що обертаються і рухаються, кг·м<sup>2</sup>

$$GD^2 = K \cdot GD_d^2 + \frac{365 \cdot Q \cdot V^2}{60^2 \cdot n_n^2 \cdot \eta_0}$$

$$GD^2 = 1,15 \cdot 2,4 + \frac{365 \cdot 113720 \cdot 9,6^2}{60^2 \cdot 940^2 \cdot 0,85} = 4,17$$

Маховий момент всіх частин механізму, що знаходяться на одному валу з двигуном, кг·м<sup>2</sup>

$$GD_d^2 = GD_{\partial\partial}^2 + GD_{\text{м}}^2 = 0.9 + 1.5 = 2.4$$

$$GD_{\text{дв}}^2 = 0,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad GD_{\text{м}}^2 = 1,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$K = 1,15$$

$$Q = G_{\text{тел}} + G_{\text{гр}} = 60000 + 53720 = 113720 \text{ кг}$$

Відносний час пуску в залежності від завантаженості двигуна, с  $t_{\text{по}} = 3$

### 3.2.10. Перевірка запасу зачеплення:

Перевірка запасу зачеплення проводиться для випадку роботи візка без вантажу

$$K_{\text{ц}} = \frac{G_{\text{н\ddot{o}}} \cdot f_1}{W_{\text{т}}' + 1000 \cdot G_{\text{\ddot{o}\ddot{a}\ddot{e}}} \cdot \left( \frac{j}{9,81} - \frac{n - n_{\text{н\ddot{o}}}}{n} \cdot f \cdot \frac{d}{D_{\text{к}}} \right)} > 1,2$$

$$K_{\text{ц}} = \frac{30000 \cdot 0,12}{600 + 1000 \cdot 60 \cdot \left( \frac{0,2}{9,81} - \frac{4 - 2}{4} \cdot 0,015 \cdot \frac{0,13}{0,63} \right)} = 1,21$$

Зцепна вага візка, кг

$$G_{\text{ц}} = n_{\text{пр}} \cdot P_{\text{min}} \cdot 1000 = 2 \cdot 15 \cdot 1000 = 30000$$

$f_1 = 0,12$ -коефіцієнт зчеплення ходового колеса з рейкою

$j = 0,2$ -середнє прискорення при розгоні візка,  $\text{м/с}^2$

$f = 0,015$ - коефіцієнт тертя в підшипниках букс ходових коліс

$d = 0,13 \text{ м}$ -діаметр вісі ходового колеса

### 3.3. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНУ:

#### 3.3.1. Вихідні дані механізму пересування крану:

Для механізму пересування крана (рис.3.3.1.) обираємо схему з розподіленим приводом. Враховуючи те вантажопідйомність та маса самого крана дуже значні обираємо схему з балансирними візками. Кожний візок складається з приводного та холостого коліс. Колеса приводяться в рух електродвигуном через конічно-циліндричний горизонтальний редуктор, відкриту зубчасту передачу та з'єднувальні муфти. Дана схема дозволяє зменшити тиск кожного колеса на рейку.

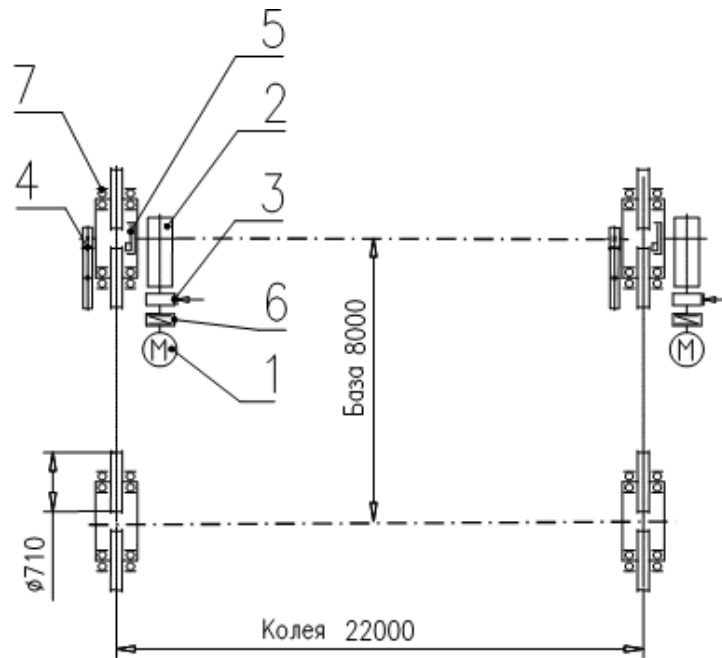


Рисунок 3.3.1. – Механізм пересування крану

1 – Електродвигун МТН312-8  $N_H=11$  кВт;  $n_H=700$  об/хв.

2 – Редуктор КЦ2-200Н

3 – Гальма ТКГ-200М

4 – Відкрита зубчаста передача  $m = 14$ ;  $z_1/z_2 = 51/17$ ;  $i = 3$

5 – Півмуфта зубчаста МЗП-10000

6 – Півмуфта пальцева  $\varnothing 200$

## 7 – Підшипник 3626 ГОСТ 5721-75

$G_{кр}=156$ - Вага крана, т

$G_{гр}=53,72$ - Вага вантажу, т

$G_{мет}=75$ - Вага металлоконструкції крана, т

$G_{тел}=60$ - Вага візка, т

Вага механізму пересування крана, т

$G_{пер}=4 \cdot G_{бал}=4 \cdot 3,5=14$

$G_{бал}=3,5$ - Вага балансиру, т

$G_{ост}=7$ - Вага іншого обладнання, т

$P_{под}=126$ - Зусилля підриву затвора, т

$V=19,02$ - Швидкість пересування крана, м/хв

$n=8$  - Кількість ходових коліс

$n_{пр}=2$  – Кількість приводних коліс

Тип привода –розподілений

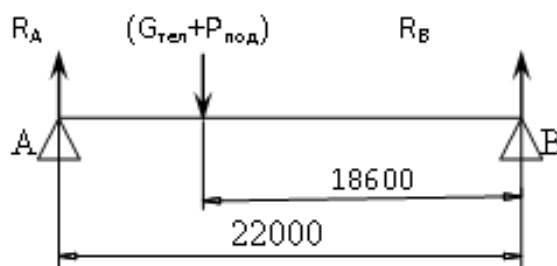


Рисунок 3.3.2. – Реакції опор крана при підриві затвору

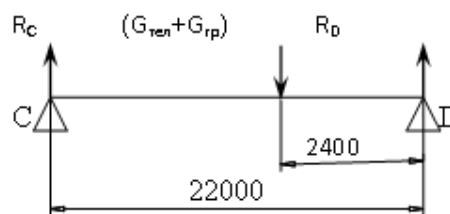


Рисунок 3.3.3. – Реакції опор крана при крайньому наближенні візка з вантажем

### 3.3.2. Визначення максимальних та мінімальних навантажень на підкранові рейки:

Тиск від ваги металоконструкції крана та механізму переміщення однієї сторони крана, Кн

$$P_1 = \frac{G_{мет} + G_{пер}}{2} = \frac{75 + 14}{2} \cdot 9.81 = 445$$

Тиск від ваги металоконструкції крана та механізму переміщення більш навантаженої сторони крана, кН

$$P_2 = P_1 + G_{ост} = 445 + 70 = 515$$

Реакції опор крана при підриві затвору, кН (рис. 3.3.2.)

$$R_A = \frac{(G_{мел} + P_{под}) \cdot 18600}{22000} = \frac{(60 + 126) \cdot 18600}{22000} = 1570$$

$$R_B = \frac{(G_{мел} + P_{под}) \cdot (22000 - 18600)}{22000} = \frac{(60 + 126) \cdot (22000 - 18600)}{22000} = 290$$

Реакції опор крана при крайньому наближенні візка з вантажем, кН (рис. 3.3.3.)

$$R_C = \frac{(G_{мел} + G_{гр}) \cdot 2400}{22000} = \frac{(60 + 53.72) \cdot 2400}{22000} = 12.4$$

$$R_D = \frac{(60 + 53.72) \cdot (22000 - 2400)}{22000} = 101.3$$

Сумарний тиск більш навантаженої сторони крана при підриві затвору, кН

$$P_{\Sigma 1} = P_2 + R_A = 515 + 1570 = 2085$$

Сумарний тиск більш навантаженої сторони крана при крайньому наближенні візка з вантажем, кН

$$P_{\Sigma 2} = P_2 + R_D = 515 + 1013 = 1530$$

Максимальний тиск ходового колеса на підкранову рейку, кН

$$P_{\max} = \frac{2 \cdot P_{\Sigma 1}}{n} > [P_{\max}]$$

$$P_{\max} = \frac{2 \cdot P_{\Sigma 1}}{n} = 9.81 \cdot \frac{2 \cdot 208.5}{8} = 510$$

$D_K = 710$  - Діаметр ходових коліс, м

Тип підкранової рейки – КР120

Мінімальний тиск ходового колеса на рейку, кН

$$P_{\min} = \left( P_1 + \frac{G_{\text{мел}}}{2} \right) \cdot \frac{2}{n} = \left( 44.5 + \frac{60}{2} \right) \cdot \frac{2}{8} = 182.5$$

### 3.3.3. Визначення опору переміщення крану:

Повний статичний опір переміщенню, кН

$$W = W_T + W_B = 1500 + 2119 = 36.19$$

Повний статичний опір переміщенню крана з вантажем при розрахунку потужності електродвигуна, кН

$$W_{\Sigma} = W_T + 0,7 \cdot W_B = 1500 + 0,7 \cdot 2119 = 30.13$$

Опір від тертя при переміщенні крана, кН

$$W_T = q \cdot P_{\Sigma 2} = 9,81 \cdot 153 = 15$$

Опір від дії вітрового навантаження робочого стану, кН

$$W_B = W_{B_{кр}} + W_{B_{гр}} = 1926 + 193 = 21.19$$

Опір від дії вітрового навантаження на кран та візок, кН

$$W_{B_{кр}} = \frac{q_p \cdot C \cdot n \cdot [(k \cdot F_9) + (k \cdot 2F_{10}) + (k_1 \cdot 2F_{12}) + (k_1 \cdot 2F_{11}) + (k \cdot F_1)]}{2}$$

$$W_{B_{кр}} = \frac{25 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot [(1.25 \cdot 45.5) + (1.25 \cdot 2 \cdot 5.1) + (1 \cdot 2 \cdot 8.1) + (1 \cdot 2 \cdot 2.1) + (1 \cdot 30.7)]}{2} = 19.26$$

$q_p = 250$  - Динамічний тиск вітру робочого стану, Па

$k = 1,25$  — коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою,  $>10$  м

$k_1 = 1$  — коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою,  $<10$  м

$n = 1$  — коефіцієнт перевантаження,

$C = 1,2$  — коефіцієнт аеродинамічної сили ,

Підвітряні площі крану  $m^2$

$$F_1 = 30,7 \text{ м}^2; F_2 = 61 \text{ м}^2; F_3 = 5,07 \text{ м}^2; F_4 = 4,42 \text{ м}^2; F_5 = 42,5 \text{ м}^2; F_6 = 37,06 \text{ м}^2;$$

$$F_7 = 1,7 \text{ м}^2; F_8 = 3,36 \text{ м}^2; F_9 = 45,5 \text{ м}^2; F_{10} = 5,1 \text{ м}^2; F_{11} = 2,1 \text{ м}^2; F_{12} = 8,1 \text{ м}^2;$$

Опір від дії повітряного навантаження на вантаж, який перевозиться, кН.

$$W_{\text{Вгр}} = \frac{q_p \cdot C \cdot n \cdot [(k \cdot F_7) + (k \cdot F_3) + (k_1 \cdot F_4)]}{2}$$

$$W_{\text{Вгр}} = \frac{25 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot [(1,25 \cdot 1,7) + (1,25 \cdot 5,07) + (1 \cdot 4,42)]}{2} = 1,93$$

Сумарний статичний опір для менш навантаженої сторони з вантажем, кН

$$W' = W'_T + W_{\text{Вкр}} = 569 + 1926 = 24,95$$

Опір від тертя при переміщенні крану для менш навантаженої сторони з вантажем, кН

$$W'_T = q \cdot (P_1 + R_C) = 9,81 \cdot (44,5 + 12,5) = 5,69$$

Опір від дії вітру неробочого стану на кран без вантажу вздовж колії, кН.

$$W_{B\text{ в\ddot{o}}}^{\prime} = q_{\text{нр}} \cdot C \cdot n \cdot k_2 \cdot (F_1 + F_9 + 2F_{10} + 2F_{12} + 2F_{11})$$

$$W_{B\text{ в\ddot{o}}}^{\prime} = 45 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (30,7 + 45,5 + 2 \cdot 5,1 + 2 \cdot 8,1 + 2 \cdot 2,1) = 140,98$$

$q_{\text{нр}} = 450$ - Динамічний тиск вітру неробочого стану, Па

### 3.3.4. Вибір електродвигуна:

ККД механізму пересування

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0,87$$

$\eta_1 = 0,95$ -ККД редуктора КЦ2-200Н,

$\eta_2 = 0,95$ -ККД зубчатої передачі,

$\eta_3 = 0,98$ - ККД ходового колеса

$\eta_4 = 0,99$ -ККД зубчатої півмуфти,

Розрахункова статична потужність електродвигуна, кВт

$$N = \frac{W_{\text{э}} \cdot V}{6120 \cdot \eta_0} = \frac{3013 \cdot 19,02}{6120 \cdot 0,87} = 10,76$$

Встановлений електродвигун – МТН312-8

$N_{\text{н}} = 11$ - Номінальна потужність електродвигуна, кВт

$n_{\text{н}} = 700$ -Частота обертання вала електродвигуна, об/хв

Номінальний момент електродвигуна, кгс·м

$$M_{\text{ном}} = 975 \cdot \frac{N_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} = 975 \cdot \frac{11}{700} = 15,3$$

$GD_{дв}^2=1,25$ - Маховий момент ротора,  $кг \cdot м^2$

$M_{max}=430$  Максимальний момент (по каталогу), Н·м

Перевіримо потужність вибраного двигуна за нагріванням

$$P_{EKB} = K_{25} \cdot \gamma \cdot N \leq P_{25}$$

$$P_{EKB} = 0.5 \cdot 0.86 \cdot 10.76 = 4.6 \leq 11$$

де  $K_{25}$  - коефіцієнт приведення потужності для легкого режиму роботи ,  $K_{25} = 0,5$ ;

$\gamma = 0,86$  -коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом двигуна потужність

$P_{25}$  - потужність двигуна при ПВ 25%.

### 3.3.5. Вибір механічної передачі механізму переміщення крана:

Необхідне передаточне число механізму

$$i_H = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_H}{V} = \frac{3.14 \cdot 0.71 \cdot 700}{19.02} = 82.1$$

Обираємо редуктор - КЦ2-200Н

$I_1=28$ - Передаточне число редуктора,

Передаточне число відкритої зубчатої передачі

$$i_2 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{51}{17} = 3$$

Загальне передаточне число

$$i_0 = i_1 \cdot i_2 = 28 \cdot 3 = 84$$

Фактична швидкість переміщення, м/хв

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_H}{i_0} = \frac{3.14 \cdot 0.71 \cdot 700}{84} = 18.6$$

Відхилення фактичної швидкості від проектної

$$\Delta V = \frac{V_{\phi} - V}{V} \cdot 100\% \leq 5\%$$

$$\Delta V = \frac{18.6 - 19.02}{19.02} \cdot 100\% = 2.2\%$$

### 3.3.6. Крутні моменти. Перевірка редуктора, вибір муфт:

Статичний момент від опору переміщення крана з вантажем, який приходить на приводне ходове колесо, Н·м

$$M_{ст} = \frac{W \cdot D_K}{2 \cdot \eta_3} = \frac{3619 \cdot 0.71}{2 \cdot 0.98} = 12970 < [M]$$

Крутний момент на тихохідному валу редуктора, Н·м

$$M_{тих} = \frac{M_{cm}}{\eta_2 \cdot \eta_4 \cdot i_2} = \frac{1322}{0.95 \cdot 0.99 \cdot 3} = 4591$$

$$M_{\text{ном}} > M_{\text{тих}}$$

$M_{\text{ном}} = 5000 \text{ Н}\cdot\text{м}$  - Номинальний крутний момент на тихохідному валу редуктора

Крутний момент на валу електродвигуна,  $\text{Н}\cdot\text{м}$

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{тих}}}{\eta_1 \cdot \eta_4 \cdot i_1} = \frac{468}{0.95 \cdot 0.99 \cdot 28} = 172.6$$

Для легкого режиму роботи електродвигуна, котрий відповідає ПВ=25%,  
номинальний момент дорівнює,  $\text{кгс}\cdot\text{м}$

$$M_{\text{НПВ}=25\%} = 975 \frac{N_{n\theta=25\%} = 13 \text{ кВт}}{n_{n\theta=25\%} = 690 \text{ об/мин}} = 18.4$$

$$M_{\text{НПВ}=25\%} > M_{\text{дв}}$$

На валу електродвигуна конструктивно встановлена втулково-пальцева муфта  
 $\varnothing 200$ , з допускним крутним моментом,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ,  $[M]_{M1} = 230$

Коефіцієнт запасу міцності напівмуфти

$$K_M = \frac{[M]_{M1}}{M_{\text{дв}}} > K$$

$$K_M = \frac{230}{172} = 1.33 > 1.44$$

$$K=1,2 \cdot 1,2=1,44$$

На тихохідном валу редуктора ВКУ-765М конструктивно встановлена зубчата півмуфта МЗП-10000 з допускаємим крутним моментом, Н·м

$$[M]_{M2}=10000$$

$$K_{M2} = \frac{[M]_{M2}}{M_{mix}} = \frac{10000}{4591} = 2,2 > K$$

### 3.3.7. Визначення величини гальмівного моменту:

Гальмівний момент механізму пересування крану з вантажем при русі по вітру, Н·м

$$M_T = 1,2 \cdot (M' - M_{зат}) < [M]_T$$

$$M_T = 1,2 \cdot (27,64 - 4,68) = 270$$

Гальмівний момент з врахуванням енергії всіх мас, що обертаються, Н·м

$$M_{зат} = 1,25 \cdot 0,05 \frac{(G_{кр} + G_{гр}) \cdot D_K}{2 \cdot i_o} \eta_o \cdot j$$

$$M_{зат} = 1,25 \cdot 0,05 \frac{(156 + 53,72) \cdot 0,71}{2 \cdot 84} 0,87 \cdot 0,1 = 46,8$$

$$M' = \frac{(W_{\text{ук}} + W_{\text{В}} + P_{\text{С}}) \cdot D_{\text{К}}}{2 \cdot i_0} \eta_0$$

$$M' = \frac{(305.6 + 2119 + 5093) \cdot 0.71}{2 \cdot 84} \cdot 0.87 = 276.4$$

Опір від ухилу пікранових рейок, кН

$$W_{\text{ук}} = \alpha \frac{(G_{\text{КР}} + G_{\text{ГР}})}{2} = 0.003 \cdot \frac{(156 + 53.72)}{2} = 3.056$$

Горизонтальна сила інерції від дії сейсмічних сил, кН

$$P_{\text{С}} = K_{\text{С}} \frac{(G_{\text{КР}} + G_{\text{ГР}})}{2} = 1.2 \cdot \frac{(156 + 53.72)}{2} = 50.93$$

Встановлені гальма - ТКГ-200М

Максимальний гальмовий момент (по каталогу), Н·м

$$[M]_{\text{Т}} > M_{\text{Т}}$$

$$300 > 270$$

### 3.3.8. Час розгону електродвигуна:

Час пуску, с

$$t_n = \frac{GD^2 \cdot n_n}{375 \cdot M_n} \cdot t_{no} = \frac{12 \cdot 700}{375 \cdot 15.3} \cdot 6 = 8.8$$

Приведений до валу електродвигуна маховий момент частин механізму і вантажу, що обертаються і рухаються, кг·м<sup>2</sup>

$$GD^2 = K \cdot GD_d^2 + \frac{365 \cdot Q \cdot V^2}{60^2 \cdot n_n^2 \cdot \eta_0}$$

$$GD^2 = 1.15 \cdot 2.75 + \frac{365 \cdot 101860 \cdot 19.02^2}{60^2 \cdot 700^2 \cdot 0.87} = 12$$

Маховий момент всіх частин механізму, що знаходяться на одному валу з двигуном, кг·м<sup>2</sup>

$$GD_d^2 = GD_{об}^2 + GD_{м}^2 = 1.25 + 1.5 = 2.75$$

$$GD_{дв}^2 = 1,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad GD_{м}^2 = 1,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$K = 1,15$$

$$Q = \frac{G_{KP} + G_{ГР}}{2} = \frac{156 + 53.72}{2} = 101860 \text{ кг}$$

Відносний час пуску в залежності від завантаженості двигуна, с  $t_{по}=6$

### 3.3.9. Перевірка запасу зачеплення:

Перевірка запасу зачеплення проводиться для випадку роботи крана без вантажу

$$K_{ц} = \frac{M_{\delta}}{0,9 \cdot M_{\max} \cdot z_d - M_{ц} - M_{ep}} > 1,05$$

$$K_{ц} = \frac{38.15}{0,9 \cdot 42.18 \cdot 1 - 1.6 - 5.73} = 1.7$$

Буксовочний момент, кН·см

$$M_{\delta} = G_K \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2 \cdot t_o \cdot \eta_o} = 156 \cdot 0.015 \cdot \frac{71}{2 \cdot 197.17 \cdot 0.87} = 38.15$$

$f_1=0,12$ -коефіцієнт зчеплення ходового колеса з рейкою

Момент статичного опору руху приводних коліс крана без врахування тертя реборд о рейки, Н·м

$$M_{ц} = G_K \cdot \frac{2 \cdot \mu + d \cdot f}{2 \cdot t_o \cdot \eta_o} = 156 \cdot \frac{2 \cdot 0.08 + 13 \cdot 0.015}{2 \cdot 197.17 \cdot 0.84} = 160$$

Момент, необхідний для подолання сил інерції мас, що обертаються, приведений до валу двигуна, Н·м

$$M_{bp} = (2 \cdot z_d \cdot M_{п\ cр} - M_c) \cdot \frac{GD_{bp}^2 \cdot z_d}{GD_o^2 \cdot 2 \cdot z_d}$$

$$M_{\text{вр}} = (2 \cdot 1 \cdot 14,55 - 16) \cdot \frac{3,37 \cdot 1}{3,85 \cdot 2 \cdot 1} = 573$$

Середній пусковий момент двигуна, Н·м

$$M_{\text{п ср}} = \frac{M_c + M_{\text{max}}}{4} = \frac{16 + 42,18}{4} = 1455$$

Сумарний момент на валу двигуна від сил опору пересування крана без вантажу,  
Н·м

$$M_c = W_1 \cdot \frac{D}{2 \cdot l_o \cdot \eta_o} = 75,36 \cdot \frac{71}{2 \cdot 197,17 \cdot 0,87} = 160$$

$$W_1 = g \cdot G_0 \left( \frac{2 \cdot \mu + d \cdot f}{D} K_p + \alpha \right) + W_B$$

$$W_1 = 9,81 \cdot 159,62 \left( \frac{2 \cdot 0,08 + 13 \cdot 0,015}{71} \cdot 1,5 + 0,003 \right) + 62,86 = 75,36$$

$$K_p = 1,5; G_0 = G_{\text{кр}} + G_{\text{тр}} = 159,62 \text{ т}; \alpha = 0,003$$

$$W_B = \frac{q_p \cdot W_{\text{впр}}}{q_{\text{нр}}} = \frac{250 \cdot 14098}{550} = 62,86$$

Маховий момент всього крану без вантажу, кг·м<sup>2</sup>

$$GD_o^2 = GD_{\text{вр}}^2 + GD_{\text{пост}}^2 = 3,37 + 0,48 = 3,85$$

Маховий момент всього крану приведений до гальмівного валу

$$GD_{\text{вп}}^2 = 1,2(GD_{\text{п}}^2 + 0,45 \cdot G_{\text{м}} \cdot d_{\text{м}}^2 \cdot z_{\text{м}}) \cdot z_{\text{д}} = 1,2 \cdot (1,25 + 0,45 \cdot 8,5 \cdot 0,2 \cdot 2) \cdot 1 = 3,37$$

Приведений до валу двигуна маховий момент поступально рухаючихся мас крану без вантажу

$$GD_{\text{пост}}^2 = \frac{G_0 \cdot D^2}{t_o^2 \cdot \eta_o} = \frac{159.62 \cdot 0.71^2}{197.17^2 \cdot 0.87} = 0.48$$

#### 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ:

Таблиця 4.1. – Вихідні дані ПТМ

| Показник                                                                                           | Позначення | Одиниці | Величина показника  |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------------------|---------------------|
|                                                                                                    |            |         | Базова техніка      | Нова техніка        |
| Вантажопідйомність крана                                                                           | Q          | т       | 2х63                | 2х63                |
| Конструктивна маса                                                                                 | G          | т       | 173800              | 156700              |
| Робочі швидкості:<br>— пересування крана<br>— пересування візка<br>— підйому                       | V          | м/хв    | 9,42<br>9,6<br>2,45 | 9,42<br>9,6<br>2,58 |
| Проліт крана                                                                                       | L          | м       | 22000               | 22000               |
| Встановлена потужність електродвигунів:<br>— пересування крана<br>— пересування візка<br>— підйому | W          | кВт     | 11<br>11<br>50      | 11<br>11<br>60      |
| Група класифікації (режим роботи)                                                                  | A/ПВ       | %       | A2/25               | A2/25               |
| Строк служби ПТМ                                                                                   | T          | років   | 15                  | 15                  |

Враховуючи застосування в механізмі підйому крана 4-х редукторів 2-х різних типів, модернізуємо кран за рахунок встановлення замість 2-х редукторів різних типів, 1-го редуктора типу ЦЗН-710.

Враховуючи, що сумарне передаточне число дорівнює

$$204,2, \text{ де } (32,42 \times 6,3 = 204,2)$$

Обираємо редуктор ЦЗН-710 з передаточним числом 200 та сумарною міжосьовою відстанню 1160мм.

Проте важливою особливістю редуктора ЦЗН-710 є зачеплення Новикова, що викликає досить суттєві відмінності у самій конструкції редуктора та сприяє достатньо раціональній роботі механізму підйому вказаного крану в умовах експлуатації його на Сангтудінській ГЕС-1 у республіці Таджикистан.

#### Зубчаті передачі із зачепленням М.Л.Новикова:

З метою підвищення здатності зубчатих передач М.Л.Новиков, що несе, розробив новий спосіб утворення зв'язаних поверхонь для різних видів зубчатих передач з паралельними, пересічними і такими, що перехрещуються осями. До Новікова виходили з того, що в передачах з паралельними осями поверхні зубів знаходяться в лінійному контакті, а їх торцеві профілі є взаємоогиначаючими кривими. Новіков запропонував перейти від лінійного контакту поверхонь до точкового. При цьому профілі зубів в торцевому перетині можуть бути не взаємоогиначаючими кривими і їх можна виконувати як опуклий і увігнутий профілі з малою різницею кривизн. У передачі з паралельними осями лінія зачеплення є прямою лінією паралельною осям коліс. Зачеплення Новікова має тільки осьове перекриття:

$$E_B = \varphi_B / \tau_1 = b / p_z,$$

де  $b$  - ширина зубчатого вінця,  $p_z$  - осьовий крок.

Тому поверхні зубів виконуються гвинтовими (косозубими) з кутом підйому гвинтової лінії

$$\beta = 10 - 30^\circ.$$

Одним з основних параметрів зачеплення Новікова є відстань від полюса зачеплення Р до точки контакту До, яке визначає положення лінії зачеплення (прямій К-К паралельною осям обертання і що проходить через точку контакту К) щодо осі миттєвого відносного обертання Р-Р. Ця відстань вибирається залежно від величини передаваної потужності в межах (див. рис.4.1.).

$$l_{KP} = (0.05 \dots 0.2) \cdot r_{w1}$$

Радіуси кривизни робочих ділянок профілів рекомендується вибирати для опуклої поверхні, для увігнутої поверхні, де

$$k_2 = 0.03 \dots 0.1.$$

Радіус кола вершин колеса з опуклими зубами:

$$r_{k1} = r_{w1} + (1 - k_1) \cdot l_{KP}, \text{ де } k_1 = 0.1 \dots 0.2.$$

Дуги робочих профілів опуклих зубів проводять від початкового кола до кола вершин. Радіус кола вершин колеса з увігнутими зубами.

$$r_{k2} = r_{w2} + h_{\Gamma} \text{ де } h = (0.1 \dots 0.2) \cdot l_{KP} - \text{глибина заходу зубів.}$$

Радіус кола западин колеса з опуклими зубами:

$$r_{f1} = r_{w1} - h - c,$$

$$\text{де } c - \text{радіальний зазор, приблизно рівний } c = l_{KP} \cdot k_1.$$

Радіус кола западин колеса з увігнутими зубами:

$r_{\Sigma 2} = a_w - r_{\Sigma 1} - c$ , де  $a_w$  - міжосьова відстань в передачі .

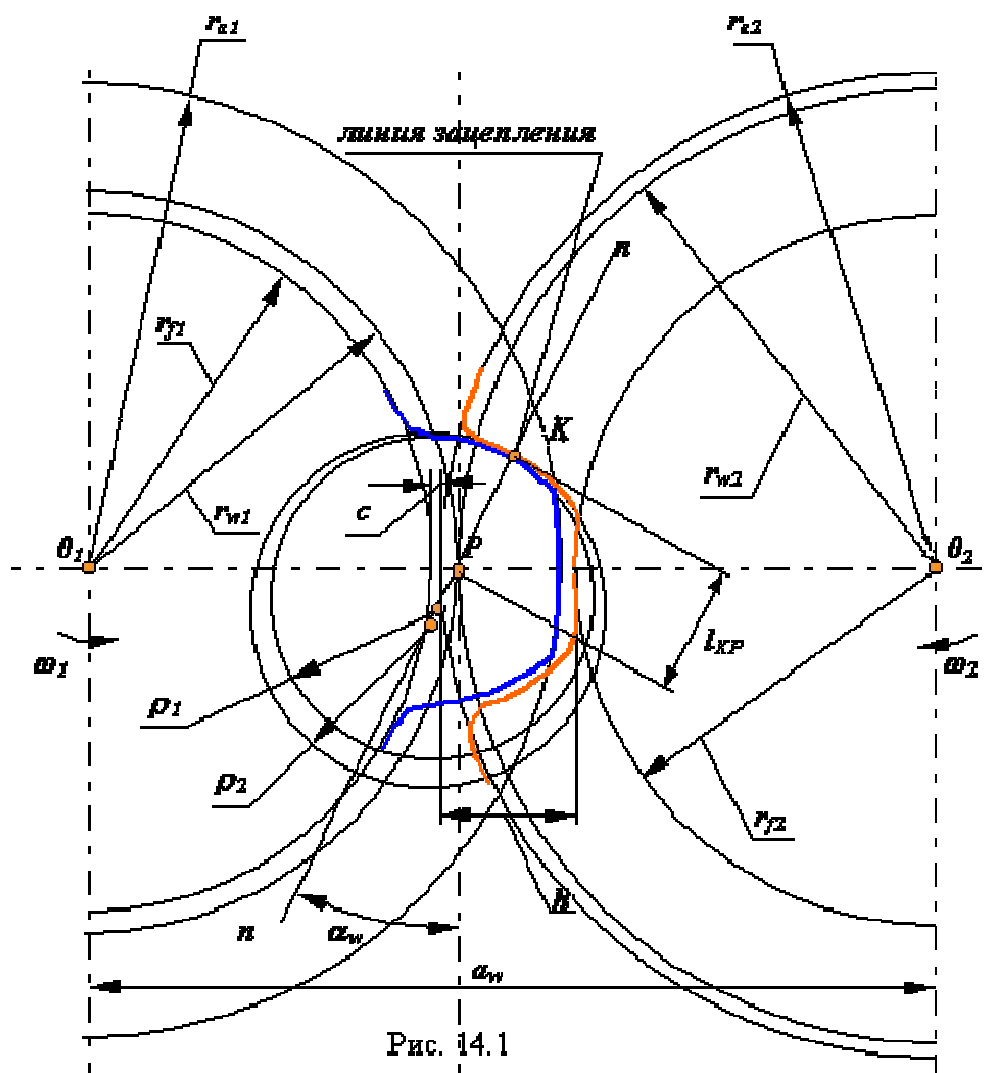


Рисунок 4.1. – Відстань від полюса зацеплення до точки контакту.

Переваги зубчатих передач із зацепленням Новікова:

- підвищена контактна міцність зубів, за рахунок використання зачеплення увігнутого профілю з опуклим ( приведений радіус кривизни визначається сумою радіусів кривизни профілів );
- перекриття в передачах Новікова забезпечується тільки за рахунок осьового перекриття, тому висота зубів може бути достатня малою, що забезпечує високу вигинисту міцність зубів ( в цілому, за приблизними оцінками, здатність навантаження передач Новікова в 2-3 рази вища, ніж кісозубих та евольвентних передач з однаковими розмірами);
- точкове зачеплення (п'ятирухома кінематична пара) забезпечує в передачах із зачепленням Новікова меншу чутливість до монтажних погрішностей.

#### До недоліків передач Новікова можна віднести:

- складнішу технологію виготовлення, за рахунок використання інструменту з профілями криволінійної конфігурації;
- наявність значних осьових навантажень на підшипники із-за використання гвинтових зубів з великими кутами підйому гвинтової лінії;
- схильність зубів гвинтових коліс до зламу у торцях при вході в зачеплення.
- виникнення контактних плям при постійному довготривалому навантаженню.

Приймаючи до уваги особливості конструкції, умови праці та вантажопідйомність розглядаємого крану, можна стверджувати, що найголовнішим недоліком таких зачеплень є контактні плями. Проте кран має вантажопідйомність лише 63т й до того ж несе ці навантаження не постійно,

одже на строк праці механізму підйому цього крану буде досить конструкції редуктора ЦЗН-710. Тоді недоліками зачеплення Новікова практично можна знехтувати, а брати до уваги лише їх переваги.

Розрахунок економічного ефекту:

Таблиця 4.2. – Ціни на редуктори:

| Типи редукторів: | Ціни редукторів (грн.): |
|------------------|-------------------------|
| Ц2-1000          | 119000                  |
| 2Ц2-250Н         | 12800                   |
| ЦЗН-710          | 104300                  |

Ціна базового обладнання механізму підйому:

$$C_1 = u_1 + u_2 = 119000 + 12800 = 131800 \text{ грн}$$

де  $u_1$  - Ціна редуктора типу Ц2-1000 (табл.4.2)

$u_2$  - Ціна редуктора типу 2Ц2-250Н (табл.4.2)

Економічний ефект від використання нового обладнання з поліпшеними характеристиками:

$$E = C_1 - C_2 = 131800 - 104300 = 27500 \text{ грн}$$

де  $C_1$  - ціна базового обладнання механізму підйому

$C_2$  - ціна обладнання поліпшеного механізму підйому (ціна редуктора ЦЗН-710).

Економічний ефект від використання поліпшеного обладнання механізму підйому у порівнянні з аналогічним обладнанням базового механізму підйому складає 27500 гривень.

#### Техніко-економічні показники крану:

Усі показники зведені до табл. 4.3.

Таблиця 4.3. – Техніко-економічні показники ПТМ

| Показник            | Умовне позначення | Одиниця | Нова ПТМ | Базова ПТМ |
|---------------------|-------------------|---------|----------|------------|
| Вантажопідйомність  | Q                 | т       | 2х63     | 2х63       |
| Проліт крана        | L                 | м       | 22000    | 22000      |
| Конструктивна маса  | G                 | т       | 173800   | 156700     |
| Робочі швидкості:   | V                 | м/хв    | 9,42     | 9,42       |
| — пересування крана |                   |         | 9,6      | 9,6        |
| — пересування візка |                   |         | 2,45     | 2,58       |
| — підйому           |                   |         |          |            |
| Строк служби ПТМ    | T                 | років   | 15       | 15         |

|                                                                                                    |      |      |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|
| Встановлена потужність електродвигунів:<br>— пересування крана<br>— пересування візка<br>— підйому |      |      |       |       |
|                                                                                                    | W    | кВт  | 11    | 11    |
|                                                                                                    |      |      | 11    | 11    |
|                                                                                                    |      |      | 50    | 60    |
| Група класифікації (режим роботи)                                                                  | A/ПВ | %    | A2/25 | A2/25 |
| Економічний ефект                                                                                  | Е    | грн. | -     | 27500 |

Отже за допомогою виконаної модернізації ми не лише досягли економічного ефекту у 27500грн, але й збільшили робочу швидкість та встановлену потужність електродвигуна механізму підйому крана та зменшили конструктивну масу усього крану.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ:

### 5.1. Аналіз потенційних небезпек:

Основні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, характерні для професії машиніста козлового крану перераховані нижче:

- Використання гнучкого кабелю електропостачання механізмів крана, який є недостатньо ізольований. Це може призвести до враження струмом працівника.
- Пошкодження працівників внаслідок падіння якихось предметів з галереї.
- Враження струмом машиніста від засобів керування.

- Падіння працівника з висоти внаслідок поривів вітру, так як кран працює на відкритому повітрі на Сангтудінській ГЕС ( республіка Таджикистан).
- Падіння працівника внаслідок слизької підлоги прохідних площадок після дощу. Також існує небезпека від інших кліматичних факторів(снігу, граду, зледеніння прохідних площадок, тощо)
- Використання одночасно декількох механізмів. Це може призвести до аварії.
- Недбале ставлення до ремонтних робіт будь-яких частин козлового крана та його механізмів. Це може призвести до повторних аварій і травм працівників з більш тяжкими наслідками.
- Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі. На крані існує небезпека поразки електричним струмом, оскільки тут експлуатується устаткування, що використовує електричний струм високої промислової частоти напругою до 380 В.
- Небезпека для здоров'я внаслідок монотонної сидячої роботи, що може призвести до захворювання опорно-рухового апарату.

## **5.2. Заходи по забезпеченню безпеки:**

Загальні вимоги безпеки при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт у всіх галузях народного господарства встановлені ГОСТ 12.3.009-76. Згідно з цим стандартом навантажувально-розвантажувальні роботи слід виконувати механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного обладнання згідно з проектами проведення робіт, або іншими нормативно-технічними документами.

Місця проведення навантажувально-розвантажувальних робіт повинні бути забезпечені знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76. В місцях проведення

навантажувально-розвантажувальних робіт зміст шкідливих газів, парів, пилу в повітрі робочої зони не повинен перевищувати ГДК за ГОСТ 12.1.005-76.

При переміщенні вантажу підйомно-транспортним обладнанням персоналу забороняється знаходитись на вантажі, або на грейфері, чи в зоні його можливого падіння. Після закінчення роботи, або в перерві між роботами грейфер не повинен залишатись в підвішеному стані. Переміщення вантажу над приміщеннями чи транспортними засобами де знаходяться люди забороняється.

Вантажі, що розміщуються поблизу залізнодорожних колій, розташовують згідно з вимогами ГОСТ 9238-73.

У випадку розвантаження в штабелі, штабелі насипних вантажів повинні мати відкоси крутизною, що відповідає куту природного відкосу для вантажів даного виду, або повинні бути огорожені підпорними стінками.

Місця проведення навантажувально-розвантажувальних робіт включаючи проходи та проїзди забезпечуються достатнім природним, або штучним освітленням згідно з БНіП. Освітленість повинна бути рівномірною без засліплюючої дії на персонал.

Персонал задіяний на проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт, потрібно забезпечити санітарно побутовими приміщеннями і якісною питною водою.

Майданчики проведення навантажувально-розвантажувальних робіт повинні відповідати вимогам пожежної безпеки за ГОСТ 12.1.004-75, а також БНіП.

Не допускається робота на крані, якщо швидкість вітру перевищує допустиме значення, що вказано в паспорті крану, а також при снігопаді, дощі, що знижують видимість в межах робочої зони. Не допускається робота на крані, якщо температура навколишнього повітря нижче за значення, що вказано в паспорті крану. Проходи та робочі місця вирівнюють, ліквідуючи ями. Взимку проходи очищають від снігу, а в випадку ожеледі посипають піском, або іншим проти ковзним матеріалом.

Підйомно-транспортне обладнання повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-74, а також Правилам устрою та безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів.

До керування підйомно-транспортним обладнанням допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медогляд та мають дозвіл на проведення даного виду робіт.

При кріпленні каната на барабані залишаємо 1,5 фрикційних витків, які закріплюємо до барабана прижимними планками, та 3 витка, які незмотуються з барабана.

Для уникнення руйнування крана в наслідок перевищення номінальної вантажопідйомності механізм підйому крана обладнуємо обмежником вантажопідйомності.

Для уникнення падіння сторонніх предметів з галереї огороження (поручні) зашиваємо понизу суцільним листом висотою 100 мм.

Підлогу галерей, площадок та сходів для уникнення ковзання виконуємо з рифленого металу.

У кабіні повинен бути забезпечений вільний доступ до всього розташованого в ній обладнання.

Світлові отвори кабіни виконуються з без уламкового скла.

Засклення кабіни виконується так, щоб забезпечувалась можливість очищення скла, як з середини так і з зовні. Або повинні бути передбачені пристрої для очищення скла.

У кабіні крана, що розглядається повинні бути передбачені сонцезахисні щитки.

Двері для входу до кабіни обладнуються засовом з внутрішнього боку. А також двері повинні замикатися з середини.

Кабіна обладнується стаціонарним сидінням для машиніста, що встановлюється так, щоб була можливість сидючи керувати краном та вести спостереження за вантажем. Повинна бути забезпечена можливість регулювання положення сидіння за висотою, та в горизонтальній площині.

Легкодоступні рухомі частини механізмів, котрі можуть стати причиною нещасного випадку, повинні бути закриті металевими огороженнями.

Ходові колеса крану та візка повинні бути оснащені щитками, котрі виключають попадання під колесо сторонніх предметів. Зазор між рейкою та щитком повинен не перевищувати 10 мм.

Електропостачання вантажопідйомного крана здійснюється через ввідний пристрій(рубильник) з ручним приводом.

Перевіряється ізоляція гнучкого кабелю електропостачання крана та механізмів.

Ввідний пристрій вантажопідйомного крана розташований поза кабіною та замикається на замок у вимкненому стані і має показчик “Вимкнено”, “Увімкнено”.

З метою уникнення несанкціонованого керування вантажопідйомним краном захисна панель обладнана індивідуальним контактним замком із ключем, що унеможливорює подачу напруги на вантажопідйомний кран.

Система керування електродвигунами козлового крана унеможливорює самозапуск електродвигунів після відновлення електропостачання крана; пуск електродвигунів не за заданою схемою прискорення; пуск електродвигунів контактами пристроїв безпеки.

Неізольовані частини електрообладнання, що проводять струм, розташовані в місцях можливого дотику до них, повинні бути огорожені.

Все електрообладнання повинно відповідати вимогам ПУЕ.

Все електрообладнання, що розташоване на крані повинно бути заземлене.

Колір верхнього шару покриття – жовтий. На кабіну, кожухи підвісок, а також виступаючі елементи ходових частин повинне бути нанесене застережливе забарвлення відповідно до вимог ГОСТ 12.2.058-81 та ГОСТ 12.4.026-76.

Крайні положення підвісок обмежуються двома кінцевими вимикачами: ВУ-250М У2 і ПП-743 У2. для контролю байпасування (підриву затвора на 150 мм) встановлений командоапарат КА-426А-30 У2. Командоапаратом також обмежуються крайні положення підвіски при роботі одним барабаном.

На головних балках порталу крана для переміщення візка встановлені рейки КР100 з підвізковими упорами по краях. Для обмеження ходу візка на порталі крана встановлені вимикачі ПП-741 У2.

Для оберігання механізмів від дії навколишнього середовища на візку встановлений шатер, що складається з каркаса, виконаного з прокатних профілів, обшитий гофрованим профілем.

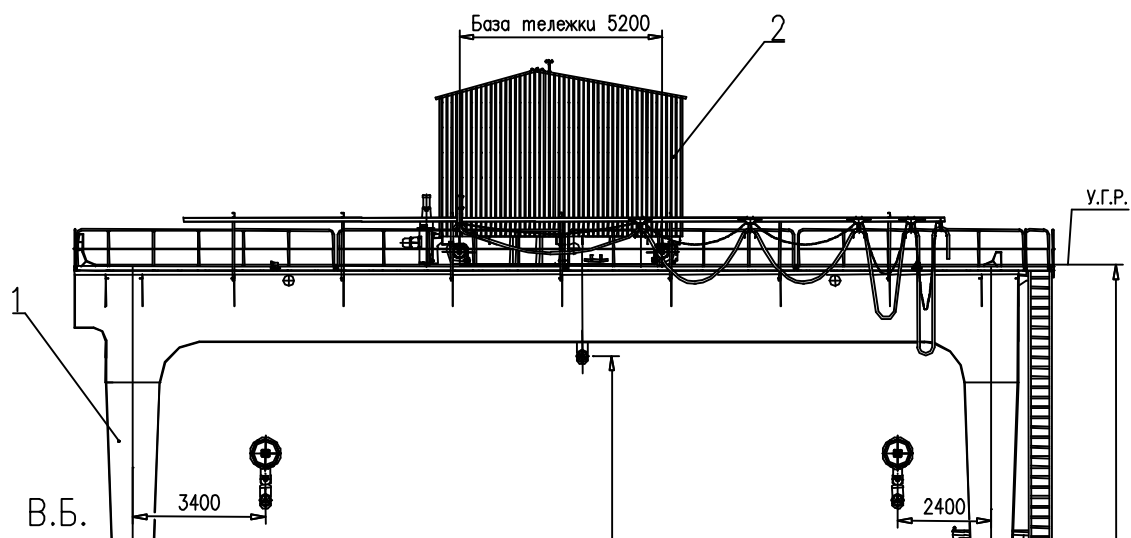


Рисунок 5.1. – Кран козловий спеціальний г.п. 2х63т

1. металоконструкція крану
2. візок
3. механізм пересування крану
4. кабельний барабан
5. електрообладнання

Для обмеження ходу крана на ходовій балці встановлений вимикач ПП-741 У2.

Для оберігання крана від угону вітром неробочого перебування на приводних балансирах встановлені напівавтоматичні захоплення.

На ходовій балці крана з боку верхнього б'єфу встановлений кабельний барабан струмопідводу до крана.

На металоконструкції крана встановлені майданчики і сходи, що дозволяють обслуговувати механізми крана.

Кабіна крана розташована на майданчику з боку нижнього б'єфу.

Вихід на портал крана заблокований вимикачем ВП16ПЕ23Б-231-55У2.3.

Для вітрової сигналізації на шатрі встановлений анемометр М95М.

Для уникнення враження струмом машиніста від засобів керування виконуємо їх з неметалевих матеріалів. Настил кабіни також виконуємо з неметалевих матеріалів, що виключає ковзання і покриваємо його гумовим діелектричним килимком.

Для того, щоб прибирати сторонні предмети з рейок пересування крана встановлюємо перед колесом захисний лист. Відстань між рейкою і листом дорівнює 10 мм.

Реконструкцію крана повинна проводити спеціалізована організація яка має дозвіл з Держгірпромнагляду.

Після реконструкції крана проводяться приймальні випробування в обсязі повного технічного огляду. Крім того, додатково перевіряється відповідність реконструйованих вузлів механізму підйому. Результати випробувань відображаються в паспорті крана в акті приймання.

В подальшому проводити частковий огляд не рідше одного разу на 12 місяців та повний не рідше одного разу на 3 роки.

Всі правила безпеки даного крана відповідають правилам будівлі і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів: ДНАОП -0.00-1.03-02 : Затв. 20.08.2002 №409/ держ. Департамент з нагляду з охорони праці.

### **5.3. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці:**

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно- гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» необхідно забезпечити заходи по очищенню повітря. Проте, так як кран працює на відкритому повітрі, то ніяких заходів з цього приводу не проводиться.

Для забезпечення нормальних умов праці машиніста необхідно забезпечити мінімальний вплив вібрацій від металоконструкції крана на кабіну згідно ГОСТ 12.1.012-90 « Вибробезопасность. Общие требования ». Для цього використовуємо метод віброізоляції, тобто зменшення передачі коливань від джерела збудження об'єкту, що захищається за допомогою пристроїв, встановлених між ними.

Віброізоляцію здійснюємо введенням в коливальну систему додаткової пружної зв'язки, перешкоджаючої передачу вібрацій між збуджуючим об'єктом та об'єктом що захищається. При використанні віброізоляторів типу гумових прокладок передбачаємо заходи для забезпечення деформації в горизонтальній площині. Для цього гумові віброізолятори мають ребристу та дірчасту форму.

Кабіни повинні відповідати вимогам “Санитарных правил по устройству и оборудованию кабин управления кранов”, затверджених зам Міністра охорони здоров'я ССРСР від 08.12.74 №1204-74.

Допускний рівень шуму та вібрації в кабіні не повинен перевищувати умовно допустимих рівнів згідно з Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 №37 та Державним санітарним нормам виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затвердженого постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 №39 і діючим НД.

Параметри мікроклімату в кабіні повинні відповідати вимогам санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, що затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 №42.

Вміст хімічних речовин в повітрі кабіні не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій згідно з вимогами діючих НД.

Рівні напруженості електромагнітного поля в кабіні машиніста повинні перевищувати гранично допустимих рівнів згідно Державним санітарним нормам та правилам при роботі з джерелами електромагнітних полів, що затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18.12.2002 №476.

Рівні напруженості електростатичного поля на поверхні матеріалів, котрими оброблена кабіна, та рівні напруженості електростатичного поля у кабіні повинні відповідати “Санитарным правилам и нормам по применению полимерных материалов в строительстве. Гигиенические требования.” що затверджені міністерством охорони здоров'я України від 12.08.91, та діючими НД.

Матеріали, котрі використовуються для обробки кабіни, повинні мати дозвіл на використання Міністерства охорони здоров'я України.

Опалювальні прилади в кабіні встановлюються виробником і повинні відповідати вимогам ПУЭЭПУ.

Для зменшення вібрації кабіни використовуємо при з'єднанні кабіни з металоконструкцією крана віброізолятор типу гумових прокладок ребристої форми.

Для забезпечення нормальних умов праці машиніста згідно з ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. Общин требования безопасности" необхідно забезпечити мінімальний вплив шуму. Головним джерелом шуму є рух деталей механізмів зі змінним прискоренням, тертя деталей і ударні процеси в зубчатих зачепленнях та підшипниках кочення.

Для зменшення шуму більш широко застосовується примусове змащення поверхонь, що труться.

Застосовується балансування обертових частин.

Застосовуються прокладочні матеріали і пружні вставки в з'єднаннях, щоб зменшити, а також виключити передачу коливань від одної деталі до іншої.

При ремонтних роботах замінити ударні процеси і механізми безударними, застосовуючи, наприклад, обладнання з гідроприводом замість обладнання з кривошипним і ексцентриковим приводами. Замінити ручне зварювання автоматичним. Це дозволить усунути бризки на металі, що в свою чергу виключить шумну операцію з зачистки зварного шва. Застосування фрезерних тракторів для обробки кромки металу під зварювання замість пневмозубил робить цей процес значно менш шумним.

Для забезпечення нормальних умов праці машиніста забезпечується захист його від електромагнітного випромінювання згідно з вимогами ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» та ГОСТ 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни напряженности и требования контроля на рабочих местах»

Так як у козловому спеціальному крані сильних джерел електромагнітних полів немає, то працівники не будуть в небезпеці.

Згідно з вимогами «Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» та ОСП-72/88 «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» необхідно забезпечити нормальний радіаційний фон та створити умови захисту в разі ядерного зараження території.

Внаслідок того що козловий кран знаходиться на відкритому повітрі на робочому місці не використовуються активні радіаційні речовини радіаційний фон знаходиться у нормі.

Кабіна має електричне освітлення, а також обладнана кондиціонером. У разі вимкнення електроприводів механізмів вантажопідйомного крана освітлення та кондиціонер залишаються підключеними.

Висота встановлених педалей над рівнем підлоги не вище 80мм.

Кабіна обладнана кріслом з м'яким сидінням і спинкою. Крісло має вертикальне й горизонтальне регулювання.

Покриття подушок сидіння виготовлено з м'якого повітронепроникного нетоксичного матеріалу.

Кабіна обладнана вогнегасником і вішалкою для одягу. У кабіні передбачене місце для установки крісла стажера, для зберігання документації, інструмента й аптечки.

Підлога кабіни покрита теплопровідним матеріалом. Поверхня підлоги не слизька. У місцях обслуговування електроустаткування передбачений діелектричний коврик.

Кранова кабіна обладнана електрообігрівачем. Система опалення закритої кабіни забезпечує температуру повітря у відповідності з ГОСТ 12.1.005-88 „Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря в робочій зоні”.

Для очистки скла від бруду використовуємо електродвірник.

Тепло й звукоізоляція кабіни крана забезпечується обшиванням внутрішніх поверхонь мало теплопровідними й звукоізолюючими матеріалами.

Температура навколишнього повітря в холодний і перехідний період року 18...20  $^{\circ}\text{C}$  відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 12.1. 005-76 ССБТ «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Відносна вологість повітря 40...60%. У теплий період року температура повітря на ділянці становить 20...22 град С. Швидкість руху повітря в холодний і перехідний період 0,3 м/с, у теплий період 0,5 м/с.

Ергономічні показники крана - зручність керування, зручність положення крановика, гігієнічні умови в кабіні, оглядовість і безпека праці забезпечуються відповідним пристроєм і устаткуванням кабіни керування у відповідності ГОСТ 12.2.032-78 „Робоче місце при виконанні сидячих робіт”. Важелі керування краном розміщені в кабіні на висоті від 200 до 300мм від рівня верхньої поверхні сидіння. Рукоятки важелів виготовлені з матеріалу з низькою теплопровідністю.

Загальні вимоги безпеки по шуму й припустимому рівні шуму на робочому місці крановика відповідають вимогам ГОСТ 12.1. 003-83 „Шум. Загальні вимоги безпеки”

Для забезпечення виробничого освітлення майданчика на котрому проводиться розвантаження рухомого складу, потрібно:

- а) Встановити на рамі вантажного візка прожектор, забезпечує достатнє освітлення місця опускання грейфера.
- б) Встановити по периметру майданчика на висоті 10 м, лампи прожекторного типу у кількості 24 штуки для рівномірного освітлення майданчика.

| Характеристика роботи | Розміри об'єкту розрізнення, мм | Розряд зорових робіт | Освітлення загальне |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| Груба                 | >5                              | 6                    | 150                 |

Таблиця 5.1. – Норми освітлюваності робочих місць СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение»

#### 5.4. Заходи з пожежної безпеки:

Складальний цех відноситься до категорії В згідно СНіП 2.09.02-85 «Нормы проектирования. Производственные здания промышленных предприятий» і розміщується в будівлі, що не згорає, 2 ступені вогнестійкості.

Із засобів пожежегасіння на ділянці передбачено:

а) Протипожежне водопостачання; у проекті майданчика розвантаження передбачено пожежне водопостачання. Протипожежний водопровід об'єднується з господарсько-питним або виробничим водопроводом. Вільний натиск в мережі протипожежного водопроводу низького тиску при пожежогаєнні складає не менше 10 м. Норма витрати води на внутрішню пожежогаєнню приймається з розрахунку двох пожежних струменів продуктивністю не менше 2,5 л/сек кожна.

б) На кожні 600 м<sup>2</sup> для майданчика розвантаження прийнято:

- вогнегасник ОУ-5 – 1 шт;
- ящик з піском 0,5 м – 1 шт;
- сталеві лопати – 2 шт.

Вуглекислотні вогнегасники пристосовані для гасіння тільки електроустаткування.

в) На кожній залізничній станції повинен знаходитись пожежний потяг для оперативного гасіння пожеж що можуть виникнути поза територією майданчика розвантаження.

Пожежна профілактика при експлуатації електроустановок, електронних пристроїв та приборів заключаються в наступних заходах: підтримка опору ізоляції струмоведучих частин не нижче величин, регламентованих Правилами техніки безпеки, а саме опір ізоляції кожного участка в мережах не нижче 0,5 МОм на кожную фазу; захист ізоляції від теплової і механічної дії навколишнього середовища методом прокладки проводів в трубах, виключення пошкоджень ізоляції проводів і кабелів від вібрації при русі; захист відкритих струмоведучих частин (огорожами) від потрапляння на них сторонніх предметів; влаштування

механічних і електричних блокувань для виключення помилкових дій при виконанні оперативних перемикань; дотримання робочими інструкцій та правил.

Для запобігання пожеж кабельних ліній використовуються спеціальні вогнезахисті покриття, які перешкоджають поширенню пожежі. Під час ремонту в кабельних лініях з застосуванням зварювання, пайки чи відкритого вогню строго дотримуються правила пожежної безпеки. Ретельно перевіряється стан контактів, так як послаблення контакту в місцях з'єднання може призвести до місцевого нагрівання, а згодом до нагрівання проводу і, як наслідок цього, до нагрівання ізоляції вище допустимих температур. Особлива увага звертається на тимчасові електропроводки, які часто погано ізолюються в місцях з'єднань, підлягають скручуванню і ударам, що порушує ізоляцію проводів і викликає коротке замикання.

Так як козловий кран працює на відкритому повітрі, то причиною вибухів, пожеж та вражень людини можуть являтися атмосферні розряди (блискавки). Це може призвести до тяжких наслідків. Для захисту людей та збереження цілісності крана на Сангтудінській ГЕС встановлюється блискавковідвідник.

Для гасіння пожеж електрообладнання козлового спеціального крана приміняються наступні заходи: встановлюються щити, на яких розміщені три ручних вогнегасники, відра, два лома, два гака, дві сокири, лопата та один ящик з піском. Ящик для піску має місткість  $3\text{ м}^3$ .

Використовуємо порошковий вогнегасник для гасіння пожеж в початковій стадії їх займання. Використовуємо три порошкових вогнегасників ОП-2А. Кожен вогнегасник містить 10л суміші. Порошковий вогнегасник використовує у якості вогнегасної речовини мілко подрібненої мінеральної солі з різними добавками, перешкоджаючими злежування.

Регулярно проводяться лекції з пожежної безпеки зі здачею іспитів. В разі не здання іспиту з охорони праці працівник не допускається до робочого місця. Існують також контролюючі органи які при виявленні правопорушників охорони праці наказують попередженням. За отримане працівником попередження з нього

знімається премія. Якщо працівник у продовж року отримує три попередження його звільняють з роботи.

### **5.5. Заходи з цивільної оборони:**

#### **«Заходи з дезактивації технологічного устаткування (агрегатів, машин, апаратів) за умови радіаційного зараження місцевості.»:**

Техніка (агрегати, конвеєри, апарати), майно, одяг, продукти харчування, вода, що забруднені радіоактивними речовинами, підлягають дезактивації. При частковій дезактивації техніки і одягу видаляють радіоактивні речовини з усієї поверхні методом обмітання або обтирання.

Повна дезактивація здійснюється такими методами:

- змивання радіоактивних речовин дезактивуючим розчином, водою і розчинниками з одночасною обробкою забрудненої поверхні щітками дегазаційних машин і пристосувань;
- змивання радіоактивних речовин водою під тиском;
- знищення радіоактивних речовин газокраплинним потоком;
- знищення радіоактивних речовин витиранням брудної поверхні тампонами, змоченими дезактивуючим розчином водою і розчинниками;
- змивання радіоактивного пилу віниками, щітками і т. д.;
- знищення радіоактивного пилу методом пило відкачування.

Метод дезактивації вибирається відповідно до виду забруднення. Суть дезактивації. Таким чином, полягає у відриванні радіоактивних речовин поверхні і знищенні їх з оброблених об'єктів.

Дезактивація будинків проводиться обмиванням водою. Обмивання починається з даху і ведеться зверху вниз. Особливо ретельно обмиваються вікна, двері. Карнизи і нижні поверхи будинку.

Дезактивація внутрішніх приміщень і робочих місць проводиться за допомогою обмивання дезактивуючим розчином, водою, обмітанням мітлами і щітками, а також протирання. Починати дезактивацію слід зі стелі. Стеля, стіни, майно

протираються вологими ганчірками, підлога миється теплою водою з милом чи 2-5 процентним содовим розчином.

Дезактивація ділянок територій, що мають тверде покриття, може проводитися змиванням радіоактивного пилу струменем води під великим тиском за допомогою поливальних машин чи змиванням радіоактивних речовин підмітально-прибиральними машинами.

Ділянки територій, які не мають твердого покриття, дезактивуються шляхом зняття зараженого шару ґрунту товщиною 5-10 см, дорожніми машинами (бульдозерами, грейдерами), засипанням забруднених ділянок шаром чистого ґрунту товщиною 8-10 см; переорюванням зараженої території плугом на глибину до 20 см, збиранням снігу і льоду. Щоб зменшити перенесення радіоактивного пилу з одного місця на інше, використовують з'єднувальні рецептори. Які утворюють плівку, що запобігає пилоутворенню.

Дезактивація води проводиться декількома способами: перегонкою – за допомогою іонообмінних смол або відстоювання колодязів шляхом багаторазового відкачування з них води і видалення ґрунту з дна, а ділянка місцевості. Що прилягає до колодязя в радіусі 15-20 м, дезактивується шляхом зняття шару ґрунту товщиною 5-10 см з наступним засипанням його незабрудненим піском.

Дезактивація продуктів і продовольчої сировини відбувається шляхом обробки чи заміни тари. Продукти, які не були оброблені шляхом зняття забрудненого шару, заражена готова їжа та хліб знищуються.

Для полегшення дезактивації користуються дезактивуючими розчинами, що робляться на базі порошків СФ-2 (СФ-2У) чи при їх відсутності пральними порошками, промисловими відходами, які необхідні для пом'якшення води, що дає можливість краще змити з поверхні бруд разом з радіоактивними речовинами. З цією метою розчини можна підігріти.

## **5.6. Висновки з розділу „Охорона праці” та підрозділу „Заходи з цивільної оборони”:**

Розроблені заходи з цивільної оборони та охорони праці відповідають вимогам ГОСТ, СніП і вимогам методичних вказівок до дипломного проектування з розділу «охорона праці».

Вказані заходи з дезактивації технологічного устаткування (агрегатів, машин, апаратів) за умови радіаційного зараження місцевості необхідні для відновлення виробництва після надзвичайної ситуації та відповідають усім нормативним вимогам.

## 6. ПОРЯДОК РОБОТИ ТРАВЕРСИ:

Роботи по переносу ротора генератора виконувати після випробувань траверси. Випробування траверси проводити одночасно з випробуванням крана в.п. 2х63т.

Перед тим, як почати роботу з траверсою, необхідно провести візуальний огляд гвинтових приводів і металоконструкції траверси, переконатися в відсутності дефектів і тріщин в балках і зварних швах. Провести декілька обертів кожним гвинтовим приводом висувних осей і розрізного кільця, переконатися в їх роботоздатності. При необхідності провести змащення частин, частин приводів, які труться консистентним змащенням. Після цього можна приступати до роботи з траверсою.

Для з'єднання траверси з крюками головних підвісок мостового крана в.п. 2х63 т необхідно:

- зняти вісетримачі, встановлені на зовнішніх провушинах траверси;
- за допомогою ручного привода задвинути осі в корпуси;
- завести крюки між провушинами траверси до суміщення отвору крюка з отворами провущин траверси;
- за допомогою ручного привода висунути осі і закріпити їх вісетримачами.

Для з'єднання траверси з валом-надставкою ротора генератора необхідно виконати наступні операції.

Підняти траверсу крюками і перенести до ротора генератора. Планки, зкріплюючі розрізне кільце від'єднати. Траверсу опускати на вал-надставку до тих пір, поки напівкільця розрізного кільця не припаднімуться над нижнім кільцем. Після цього гвинтовими приводами роздвинути напівкільця так, щоб вал-надставка могла висуватися далі. Продовжувати опускати траверсу до тих пір, поки опорні напівкільця не сумістяться з кільцевою проточкою на валу-надставці.

За допомогою гвинтових приводів здвинути на півкільця розрізного кільця в проточку на валу-надставці і зафіксувати планками.

Після цього траверса готова до переносу і встановлення ротора генератора.

Не допускається перекося конструкції більше ніж на  $2^{\circ}$ .

Після закінчення роботи по встановленню ротора всі операції необхідно виконати в зворотньому порядку.

Для того, щоб звільнити вал-надставку від розрізного кільця, необхідно опускати траверсу до тих пір, поки розрізне кільце не підніметься над нижнім кільцем. Після цього зняти планки, які зкріплюють розрізне кільце і за допомогою гвинтових приводів роздвинути напівкільця. Підняти траверсу над валом-надставкою і перенести її до місця зберігання. Стяжні планки прикріпити до напівкільця.

Звільнити висувні осі овід вісетримачів та за допомогою гвинтових приводів задвинути їх в корпуси, звільнивши тим самим крюки крана. Вісетримачі поставити на місце.

## **7. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ:**

Залежно від обсягу, трудомісткості виконуваних робіт і періодичності їхнього проведення для кранів рекомендуються наступні види технічного обслуговування:

- сезонне технічне обслуговування - СО
- щомісячне технічне обслуговування - ЩО
- технічне обслуговування №1 - ТО1
- технічне обслуговування №2 - ТО2

### **7.1. Щомісячне технічне обслуговування:**

Роботи полягають у наступному:

1. Оглянути підкранову колію, тупикові упори, заземлення, кабеля, обмежники пересування, гальма.
2. Перевірити рівень масла в редукторах і зробити необхідне змащення вузлів і деталей.
3. Перевірити наявність і справність огороження електроапаратури
4. Оглянути стан канатів і вузлів їхнього кріплення
5. Перевірити наявність гумового коврика й гумових рукавичок у кабіні, а також переконатися в їхній справності.
6. Переконатися у відсутності на крані сторонніх предметів, які можуть упасти при пересуванні крана.
7. Подивитися записи про стан крана в журналі прийому-здачі зміни.

## **7.2. Зміст робіт, виконуваних при проведенні ТО1:**

Виконати роботи, передбачені в щомісячному технічному обслуговуванні (ЩО)

Крім того необхідно оглянути:

1. Механічне встаткування й сталеві конструкції:
  - перевірити стан і кріплення тупикових упорів
  - перевірити зношування гака
  - перевірити правильність установки й кріплення запобіжних пристроїв, буферів і обмежників пересування, їхніх упорів. При необхідності підтягти гайки болтів кріплення.
2. Гальма:
  - Оглянути стан вузлів і деталей і їхнього кріплення
  - Оглянути стан гальмових шківів і колодок на відсутність зношування, задирів, вм'ятин і слідів зіткнення заклепок гальмових колодок з поверхнею шківа гальма
3. Редуктора:
  - Перевірити затягування гайок, болтів кріплення корпусів, кришок люків редукторів. При необхідності підтягти
  - Перевірити стан і затягування пробок маслозаливних і маслосливних отворів. При необхідності підтягти.
4. Муфти й вали:
  - Перевірити щільність посадки муфт на валах
  - Перевірити затягування болтів, що з'єднують частини муфт і відсутність підтікання масла з порожнин зубчастих муфт. При необхідності підтягти гайки, що з'єднують частини муфт.

5. Барабани:

- Перевірити стан кріплення канатів і корпуса підшипників
- Перевірити зношування гребеня нарізки барабана
- Перевірити справність затискних пристроїв для канатів
- Перевірити стан циліндричної частини, болтових дисків маточин барабанів

6. Канатні блоки:

- Перевірити кріплення осей і підшипників
- Перевірити вільне провертання болтів на осях
- Перевірити стан струмків і реборд блоків
- Перевірити наявність і стан пристроїв, що запобігають випадання канатів зі ручків блоків

7. Канати:

- Очистити канат від пилу й бруду, оглянути його по всій довжині
- Промити й змазати канат при необхідності

8. Колеса

- Перевірити величину зношування по поверхні катання й ребордам

9. Сталеві конструкції

- Перевірити зовнішній стан сталевих конструкцій (відсутність тріщин, спучування на поверхні, вм'ятин на несучих елементах, товщину елементів у першу чергу піддані корозії)
- Перевірити кріплення опор до мосту
- Перевірити кріплення площадок обслуговування, огорожень
- Перевірити стики мосту

### **7.3. Зміст робіт, виконуваних при проведенні ТО2:**

Виконати роботи, передбачені ТО1

Крім того необхідно оглянути:

1. Механічне устаткування:

- Перевірити відсутність порушення співвісності валів електродвигунів і редукторів. При необхідності відновити співвісність.
- Перевірити зношування зубів у зубчастих муфтах
- Перевірити змащення зубчастих муфт. При необхідності змащення замінити або додати.
- Перевірити кріплення ходових коліс. При необхідності підтягти болти кріплення.
- Оглянути шарнірні з'єднання гальм. При необхідності змазати.
- Перевірити стан підшипників барабанів, валів. При необхідності додати або замінити змащення.

### **7.4. Зміст робіт, виконуваних при проведенні сезонного технічного обслуговування:**

Необхідність сезонного технічного обслуговування (СО) обумовлена переходом від осінньо-зимового періоду експлуатації до весняно-літнього й навпаки. При експлуатації кранів в умовах помірного клімату СО рекомендується сполучати з ТО2. Періодичність робіт, що ставляться до СО, дорівнює приблизно 6 місяців.

Крім робіт, передбачених технічним обслуговуванням ТО2, необхідно оглянути:

- Механічне встаткування

- Промити внутрішні порожнини корпусів редукторів чистим дизельним паливом і залити свіже мастило до нормального рівня.
- Замінити, відповідно до майбутнього сезону, рідину з гідровідштовхувачем.
- Перевірити й при необхідності відновити утеплення кабіни.

#### **7.5. Додаткові вказівки й способи проведення робіт при технічному обслуговуванні:**

При огляді сталевих конструкцій перевіряється:

1. Стан антикорозійного покриття - зовнішнім оглядом, наявність тріщин, відшарувань, спучувань і т.д. не допускається. Повторне фарбування кранів робити не рідше одного разу в три роки олійною фарбою у два шари.
2. Стан несучих елементів сталевих конструкцій і рам механізмів перевіряється за допомогою струни, виска й лінійки, оптичними методами.
3. Корозійне зношування заміряється товщинометрами, при цьому заміряється сечение, що, варто очистити до металевого блиску.
4. відсутність тріщин в елементах металоконструкцій, зварених швах і околошовних зонах. Ознакою наявності тріщин є: патьоки іржі, що виходять на поверхню металу й шелушіння фарби. Перевіряються зовнішнім оглядом всі елементи металоконструкції. Для виявлення тріщин у найбільше відповідальних місцях сталевих конструкцій (розкоси, стійки в місцях приєднання опор, з'єднання мостів і опор, з'єднання опор з ходовими візками, рами ходових візків, рами лебідок, рами відвідних блоків) необхідно використовувати лупи 6-8 кратного збільшення.
5. Кріплення елементів сталевих конструкцій. Відсутність окремих кріпильних елементів і ослаблення їхнього затягування не допускається. Кріпильні деталі з порушеним різьбленням і имеючие корозійним зношуванням понад

5% підлягають заміні (перевіряються зовнішнім оглядом і пробним затягуванням болтових з'єднань за допомогою ключів)

Для огляду елементів кріплення опор і марок мостів, варто користуватися площадками й сходами, а в необхідних випадках спеціальними кранами-вишками.

При огляді механізмів особлива увага варто звертати на:

1. Відсутність ушкоджень і неприпустиме зношування зубів шестірень, а також неправильного зачеплення (перекіс, неприпустимий бічний зазор). Перевіряється посадка зубчастих коліс на валу.
2. Ходові колеса не повинні мати спрацьованих реборд, тріщин, вибоїв і інших ушкоджень поверхонь катання. При огляді гальм варто переконатися в чіткості руху всіх елементів, відсутності заїдання в шарнірах, правильному приляганні колодок до гальмового шківа, задовільному стані накладок. Поверхня гальмового шківа не повинна мати задирів і забруднень.
3. При заміні змащення корпуса підшипників повинні промиватися гасом. Нагрівання підшипників більше 60-70 градусів не допускається. Підвищене нагрівання обумовлює забрудненням, відсутністю змащення або ушкодженням.

Періодичність, обсяг і порядок оглядів, спостережень за станом сталевих конструкцій і механізмів кранів, своєчасне усунення дрібних несправностей, а також періодичні ремонти (малий, середній, капітальний) проводяться ремонтною службою в строки, установлені графіком ППР, складеними з урахуванням конкретних умов роботи кранів і рекомендацій.

Необхідність і спосіб ремонту варто приймати, крім загальноприйнятих, керуючись вказівками:

1. Бракування канатів проводити по нормах. Додатка до правил.
2. Блоки із тріщинами й ушкодженнями реборд підлягають заміні. При утворенні відбитків канатів на поверхні канавки блоків, вони переточуються, у протилежному випадку відбувається прискорене зношування канатів. Переточування канавок блоків допускається до 10% товщини

обода. Профіль канавок блоків перевіряється шаблоном, східчаста або не кругла форма канавок не допускається. Радіальне биття блоку по ринві після проточки не повинне перевищувати 0,2 мм.

3. Підшипники кочення підлягають заміні у випадках появи борознистого виробітку, відшаровування або раковини втомного викрашування на кульках або бігових доріжках кілець, поява тріщин елементів, ушкоджень сепараторів і збільшення радіального зазору.
4. Вали механізмів, що мають розбиті шпонкові пази й порушення щільності посадки муфт і зубчастих коліс, підлягають заміні або виправленню. Вали, що мають прогин більше 0,3мм на всій довжині або 0,15мм на 1м довжини, замінюються або правляться.
5. Зношування зубів передач заміряться по товщині зуба на ділильній окружності (для відкритих передач) або по величині зазору (для редуктора). Зубчасті колеса підлягають ремонту або заміні з появою тріщин у підстави зубів, обода або маточини, при наявності втомного на площі поверхні зуба більше 30% первісної.
6. Зубчасті муфти при роботі допускають невеликий перекіс валів (до 9мм на 1м довжини). При установці передачі рекомендується обмежувати перекіс валів до 2мм на 1м довжини. Особлива увага варто приділяти посадці муфт на валах. Ослаблення посадки не допускається.
7. Зношування гальмових шківів у вигляді місцевої вибірки робочої поверхні не повинен перевищувати 1мм. Відновлення гальмових шківів здійснюється переточуванням.

Відновлення зварених швів із тріщиною повинне супроводжуватися вирубкою ушкодженої ділянки шва із засвердлюванням кінців тріщини, з наступною заваркою.

При ремонті елементів сталевих конструкцій, супроводжуваних нагріванням, вирізкою або вирубкою швів повинна бути повністю забезпечена незмінність роботи ферм. Це досягається шляхом постановки паралельних елементів, що сприймають навантаження ремонтаних. Ремонт із застосуванням

зварювання повинен виконуватися з дозволу органів нагляду, на підставі технології, розробленою спеціалізованою організацією.

#### **7.6. Догляд за канатами і їхнім запасуванням:**

1. Сталеві канати, застосовувані на кранах, повинні відповідати діючим Державним стандартам і мати сертифікат (свідчення) підприємства - виготовлювача про їхні випробування відповідно до ГОСТ 3241 «Канати сталеві. Технічні вимоги». Канати не постачені свідченням про випробування до використання не допускаються.
2. Перед установкою канати необхідно перевірити їхній діаметр.
3. Розмотування каната робити таким способом, щоб уникнути утворення петель і вузлів.
4. Запасування канатів робити строго за схемою запасування.

Після запасування каната з метою його обтягування необхідно зробити кілька підйомів гака з вантажем менше 0,5 номінальної вантажопідйомності на повну висоту підйому й спостерігати одночасно за укладанням каната на барабані.

#### **7.7. Норми гранично припустимого зношування й відхилень від геометричної форми елементів металевих конструкцій і механізмів:**

Норми гранично припустимого зношування й відхилень від геометричної форми елементів металевих конструкцій і механізмів наведені в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 Норми гранично припустимого зношування в відхилень геометричної форми елементів металевих конструкцій і механізмів:

| Найменування елементів           | Характер зношування, відхилення геометричної форми                                                                                                                                                                       | Гранично припустимі величини                                                 | Додаткові вказівки                                        |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1                                | 2                                                                                                                                                                                                                        | 3                                                                            | 4                                                         |
| Гаки                             | Тріщини, надриви. Тріщини утоми у хвостовика. Залишкова деформація тіла гака в небезпечних перерізах і в місцях переходу до гайки; деформація різьблення в гака й гайки.<br><br>Зношування зева в небезпечному перерізі. | Не допускається<br><br>10% первісної висоти вертикального переріза           | Огляд робити за допомогою лупи з 10-20 кратним збільшенні |
| Зубчасті колеса й зубчасті муфти | Зношування товщини зуба по ділильній окружності механізмів:<br>Підйому вантажу<br><br>Пересування візка вантажний<br><br>Пересування крана                                                                               | 15% від товщини зуба<br><br>20% від товщини зуба<br><br>30% від товщини зуба |                                                           |
| Барабани                         | Зменшення товщини стінки внаслідок зношування                                                                                                                                                                            | 20% від первісної товщини                                                    |                                                           |
| Канатні блоки                    | Зменшення радіуса струмка в наслідок зношування                                                                                                                                                                          | 25% від діаметра каната                                                      |                                                           |
| Ходові колеса крана й візка      | Зношування поверхні катання                                                                                                                                                                                              | 2% від первісного діаметра                                                   |                                                           |

Продовження табл. 7.1

| 1                                        | 2                                                                                      | 3                                                      | 4 |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---|
| Пальці ричажної системи гальма           | Зменшення діаметра                                                                     | 5%                                                     |   |
| Отвору під пальці й гнізда               | Збільшення діаметра                                                                    | 5%                                                     |   |
| Гальмовий шків                           | Зменшення товщини обода<br><br>Найбільше биття в результаті не рівномірного зношування | На 30% первісного значення<br><br>0,002мм від діаметра |   |
| Щоки й ексцентрики захватів протиугонних | Зменшення перетину насічки                                                             | На 30% від висоти перетину                             |   |

В процесі експлуатації необхідно проводити контроль за станом елементів металоконструкції і зварних швів.

Перед виконанням вантажопіддомних операцій огляд траверси проводити візуально.

Змащення приводів, осей висувних, цапф траверси і шарикопідшипника упорного проводити по мері необхідності змазкою ЛІТОЛ-24 ГОСТ 21150-87.

## **8. МОНТАЖ КРАНУ:**

Для монтажу крану необхідно виконати:

1. Спланувати монтажний майданчик для зборки крану.
2. Двома залізничними кранами провести складання моста крану на підмостках. В якості підмосток використати дерев'яні залізничні шпали.
3. Виконати 4 фундаменти для монтажного розкріплення ніг крану.
4. На колію крану, що встановлюється встановити ноги з ходовими балками.
5. Автомобільним краном встановити монтажні розкріплення ніг з ходовими балками.
6. Застропити міст крану, що встановлюється біля консолі 5.5 м на залізничний кран ЕДК-500, біля консолі 5.5 м на залізничний кран ЕДК-2000.
7. Одночасно підняти металоконструкцію моста двома кранами і наїздом поставити міст на ноги крану.
8. Закріпити міст на ноги і демонтувати монтажні розкріплення.

## ВИСНОВКИ:

Об'єкт досліджень: кран спеціальний козловий, вантажопідйомністю  $Q=2 \times 63$  т, який встановлений на будівельно-експлуатаційному водоскиді Сангтудінської ГЕС-1 на річці Вахш у республіці Таджикистан. Кран призначений для маневрування за допомогою траверз ремонтними, аварійно-ремонтними та головними затворами, проведення монтажних та демонтажних робіт механічного обладнання, а також для переміщення вантажів під час обслуговування цього механічного обладнання.

Під час роботи над дипломним проектом був виконаний великий обсяг розрахунково-графічних робіт.

Дані роботи включали в себе розрахунки:

- механізму підйому вантажу;
- механізму переміщення вантажного візка;
- механізму переміщення крана;
- економічного ефекту від впровадження нового обладнання механізму підйому вантажу.

Були оформлені усі необхідні графічні креслення у загальному обсязі десяти аркушів формату А1, які відповідають усім вимогам до технічних креслень.

Також, на завершальному етапі роботи над проектом, були визначені:

- основні заходи, щодо охорони праці.

Основна мета модернізації крану полягала у встановленні замість 2-х редукторів різних типорозмірів, 1-го редуктора типу ЦЗН-710. Це дозволяє спростити обслуговування крана, зменшити номенклатуру запасних частин та вартість механізму підйому в цілому, а також зменшити загальну вагу самого крана в цілому.

Новий механізм підйому крану відповідає усім вимогам для механізмів підйому козлових кранів для ГЕС. А найголовніше

Після проведення розрахунків отримали, що економічний ефект від встановлення нового обладнання механізму підйому вантажу крану складає 27500 грн. Цей ефект досягається за рахунок більш раціональної конструкції механізму підйому вантажу, котра дозволяє заощаджувати дану суму при кожних планових ремонтних роботах на крані.

У результаті проведеного проектування розроблений кран може бути використаний для виконання заданого виду робіт з підйому й переміщення вантажів.

За базовий кран для розробки цього проекту був взятий кран розроблений на СПКТБ «Запоріжгідросталь».

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:**

1. Підйомно-транспортні, транспортуючі машини: Підручник / Ю.Г. Козуб, С.В. Маслійов – Старобільськ: вид-во ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2018. – 277с.
2. Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка / Гончарук О.М., Стрілець В.М. - Рівне: НУВГП, 2016. – 345 с.
3. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. – К. : Вища шк., 2009. – 734 с.
4. Вантажопідйомні, транспортуючі та транспортні машини: Навч. Посібник. Григоров О.В., Петренко Н.О. – Харків: НТУ «ХП», 2005 – 304 с.
5. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. – К. : Вища шк., 2009. – 734 с.
6. Атлас конструкцій Підйомно-транспортних машин. Частина І. Крани і кранові механізми. [Білостоцький В.О., Мазоренко Д.І., Тіщенко Л.М., Міняйло А.В. та ін.]. – та ін.]. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – 100 с.
7. Атлас конструкцій Підйомно-транспортних машин. Частина ІІ. Транспортні машини. [Білостоцький В.О., Мазоренко Д.І., Тіщенко Л.М., Міняйло А.В. та ін.]. – та ін.]. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 98 с.
8. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідймальних кранів. – Х.: Вид-во « Форт », 2007. – 256 с.
9. Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка / Гончарук О.М., Стрілець В.М. - Рівне: НУВГП, 2006. - 345 с.
10. Сінельников О.М., Дерев'янка С.І. Підйомно-транспортні машини: ідручник. — Київ: Видавництво Ліра-К, 2017.
11. Мартиненко І.І., Ващенко А.А. Основи конструювання машин. — Київ: видавництво КНУБА, 2015.